

MODELAGEM NO ENSINO DE BIOLOGIA: O QUE REVELAM OS ANAIS DO ENEBIO?

Jéssica Guerreiro Valuthky¹

João Amadeus Pereira Alves²

Adriano Lopes Romero³

RESUMO

A modelagem se apresenta como uma importante estratégia didático-pedagógica no ensino de Ciências, favorecendo a participação ativa dos alunos e seu protagonismo no processo de aprendizagem. Ao construir modelos, os estudantes criam explicações sobre como e por que determinados sistemas funcionam, fazem descobertas e atribuem sentido à realidade. Dada a sua relevância, esta pesquisa teve como objetivo investigar, nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), a abrangência e a utilização da modelagem no ensino de Biologia para aulas no Ensino Médio. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, a partir da qual foram identificados e analisados treze trabalhos, distribuídos ao longo de nove edições do evento. Os resultados revelaram que, embora a modelagem seja reconhecida como uma estratégia promissora para o ensino de Biologia, seu desenvolvimento ainda é limitado e, muitas vezes, restrito a usos ilustrativos ou reprodutivos. Poucos estudos exploram a modelagem como prática epistêmica, centrada na construção ativa do conhecimento pelos estudantes. Observou-se também que há fragilidades no aprofundamento teórico e na intencionalidade pedagógica das propostas, o que compromete seu potencial formativo. Diante disso, destaca-se a importância de fortalecer a formação docente inicial e continuada, ampliando a compreensão sobre os fundamentos da modelagem científica e suas possibilidades no ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos. Modelagem Científica. Práticas Epistêmicas.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: jessicavaluthky@gmail.com.  <https://orcid.org/0000-0002-9775-2297>.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: joaoalves@utfpr.edu.br.  <https://orcid.org/0000-0002-1850-0260>.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: adrianoromero@utfpr.edu.br.  <https://orcid.org/0000-0001-8369-501X>.

MODELING IN TEACHING BIOLOGY: WHAT DO THE ENEBIO PROCEEDINGS REVEAL?

ABSTRACT

Modeling is an important didactic-pedagogical strategy in science education that favors active student participation and their role as protagonists in the learning process. Through model-building, students develop explanations of how and why systems function, make discoveries, and attribute meaning to reality. Given modeling's relevance, this study examined the scope and use of modeling in biology teaching for high school classes in the proceedings of the National Meeting on Biology Teaching (ENEBIO). A systematic literature review was carried out to this end, identifying and analyzing thirteen works distributed across nine editions of the event. The results revealed that although modeling is recognized as a promising teaching strategy in biology, its implementation remains limited, often being restricted to illustrative or reproductive uses. Few studies explore modeling as an epistemic practice centered on students' active construction of knowledge. Weaknesses in the theoretical depth and pedagogical intent of the proposals were also observed, which compromises their formative potential. Therefore, the importance of strengthening initial and continuing teacher training is highlighted, broadening the understanding of the fundamentals of scientific modeling and its possibilities in teaching.

KEYWORDS: Models. Scientific modeling. Epistemic Practices.

1. INTRODUÇÃO

A modelagem surge no contexto escolar, primeiramente, através das disciplinas de Matemática e Física, apresentando características notáveis dessas áreas de conhecimento, com a construção de modelos que permitem, em essência, descrições matemáticas. No ensino de Biologia, em especial, considerando sua natureza conceitual, há diferenças em relação à forma, aos tipos de modelos e aos processos de modelização, ocorrendo assim, de maneira distinta e fundamentada na elaboração de modelos representacionais (Duso *et al.*, 2013).

Compreender essa especificidade exige uma análise mais aprofundada dos conceitos de modelo, modelagem e modelização, cujos significados podem variar conforme a abordagem em que são empregados e o referencial teórico utilizado. No campo das Ciências e da educação científica, os modelos são geralmente compreendidos como representações que auxiliam na explicação, na previsão e na interpretação de fenômenos, podendo assumir diferentes formas, desde diagramas e maquetes até simulações computacionais. São, portanto, construções teóricas que condensam

ideias e hipóteses sobre o funcionamento de sistemas ou processos, permitindo tornar visíveis aspectos não observáveis diretamente na realidade (Schwarz *et al.*, 2016).

Entretanto, a relevância dos modelos científicos não reside apenas em sua forma, mas em seu uso. São ferramentas epistemológicas que orientam o raciocínio científico e permitem aos estudantes articular dados empíricos, conceitos e teorias. Nesse sentido, a modelagem científica é entendida como um processo investigativo e criativo, de natureza dinâmica e não linear, que envolve a elaboração, utilização, análise e revisão de modelos como parte do processo de construção do conhecimento (Gilbert; Justi, 2016).

Já a modelização, segundo Duso *et al.* (p.32, 2013), “retrata um processo de elaboração de modelos ou se refere à apropriação de modelos já elaborados e aceitados”. Essa perspectiva se contrapõe à universalização, à fragmentação e à transmissão de uma única versão de verdade, práticas comuns em textos, especialmente os imagéticos, presentes nos livros didáticos. Ao adotar a modelização, busca-se ampliar a reflexão, o diálogo e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Autores como Silva e Cateli (2020) e Maia e Justi (2009) reforçam que os modelos são, simultaneamente, instrumentos e produtos da ciência, capazes de favorecer o desenvolvimento de habilidades investigativas e uma compreensão mais adequada da natureza do conhecimento científico. Ao construir e manipular modelos, os estudantes são convidados a refletir sobre os componentes dos sistemas e as relações entre eles, testando ideias e hipóteses por meio de simulações, representações e experimentações.

No ensino de Biologia, essa abordagem permite a representação de processos muitas vezes abstratos, como a duplicação do DNA, a síntese de proteínas e o transporte de substâncias pelas membranas celulares (Brasil, 2000). A modelagem, nesse contexto, torna-se uma estratégia potente para aproximar os conteúdos à realidade dos estudantes, promovendo aprendizagens mais significativas e a articulação entre teoria e prática (Pietrocola, 1999).

Nessa perspectiva, utilizar a modelagem como prática científica e reconhecer os modelos como instrumentos de investigação e de elaboração conceitual contribui para a externalização de ideias e para o engajamento ativo dos estudantes no fazer científico, superando uma participação restrita à escuta. Mais do que recursos visuais ou ilustrativos, os modelos podem atuar como

mediadores na construção do conhecimento científico escolar, abrindo espaço tanto para análises relacionadas ao ensino, quanto ao desenvolvimento da aprendizagem (Duso *et al.*, 2013).

Desse modo, considerando as potencialidades da modelagem para a educação em Ciências Naturais, torna-se relevante compreender como a modelagem vem sendo abordada na produção acadêmica da área. Este artigo tem como objetivo investigar, nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), a abrangência e as formas de utilização da modelagem no ensino de Biologia voltadas para o Ensino Médio. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática da literatura das edições do evento publicadas entre 2005 e 2024, período que se inicia com a primeira edição do evento e se estende até as publicações mais recentes disponíveis no momento da coleta dos dados.

2. MODELAGEM E O ENSINO DE BIOLOGIA

No âmbito da Biologia, salienta-se a necessidade de o aluno aprender a reconhecer, utilizar, interpretar, bem como propor modelos explicativos e representativos para fenômenos, sistemas naturais ou tecnológicos. A esse respeito, nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM se destacava a importância da formação de habilidades e competências inerentes ao processo de modelização, isto é, apontava-se que nas aulas fossem priorizadas “[...] as competências voltadas para o domínio das linguagens científicas e suas representações, para a investigação e compreensão científica e tecnológica e para os aspectos histórico-sociais da produção e utilização dos conhecimentos científicos” (Brasil, 2000, p. 35-36).

O mesmo pensamento se mantém presente na legislação atual, constante na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como mostra o trecho a seguir:

Na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos (Brasil, 2018, p. 548).

Sob esse olhar, vários autores (Gilbert; Boulter, 1998; Pietrocola, 1999; Ferreira, 2006; Duso *et al.*, 2013; Justi, 2015; Schwarz *et al.*, 2016) enfatizam que o ensino fundamentado na construção de modelos favorece tanto a compreensão de ideias científicas quanto um entendimento mais amplo sobre a própria ciência, levando em conta que uma das mais importantes atividades dos cientistas é elaborar, testar e validar modelos explicativos.

Desde a infância, os indivíduos elaboram regras básicas sobre objetos físicos, por exemplo, ao deixá-los cair repetidamente ou ao organizar uma brincadeira imaginária. Ao longo do tempo, outros interesses emergem e novas explicações são testadas e formuladas para a compreensão da realidade. Trata-se de um impulso inato para desvendar e dar sentido ao mundo, o que constitui a base do empreendimento científico (Schwarz *et al.*, 2016).

Segundo Ferreira (2006), a construção de modelos ajuda os alunos visualizar conceitos abstratos por meio da criação de estruturas que os levam a explorar, testar e desenvolver saberes mais amplos. No entanto, a autora ressalta que, para que isso ocorra, é necessário que o professor forneça informações contextualizadas e explore as concepções prévias dos estudantes. Também é fundamental que os alunos compreendam alguns aspectos essenciais sobre os modelos, entre eles: que podem ser concretos ou abstratos, e não meramente artefatos simples; que representam determinados domínios, sem constituir cópias fiéis da realidade; que podem ser utilizados para explicar e prever o comportamento de fenômenos; e que são aplicáveis a diferentes contextos e passíveis de modificação sempre que necessário. Com isso, os estudantes passam a reconhecer que todo modelo possui limitações e que, ainda que sejam feitas correções para aprimorar sua representação, ele continuará sendo uma versão parcial da realidade, uma vez que é inviável reproduzir todas as condições, variáveis e contextos que caracterizam um fenômeno.

Outro aspecto relevante sobre o processo de modelagem é a ausência de regras rígidas a serem seguidas, o que a caracteriza como uma prática complexa, dinâmica e criativa, promotora de diferentes habilidades. No entanto, para isso, é importante que não seja apenas solicitado aos estudantes que elaborem e discutam modelos explicativos. O ideal é que eles participem de todas as etapas de modelagem, que incluem a elaboração, expressão, teste e avaliação dos modelos. O envolvimento de toda a turma nas atividades, permeado por interações entre os pares e com o docente, permite trocas de ideias e experiências essenciais à construção do conhecimento (Justi, 2015).

Quanto às definições dadas aos diferentes tipos de modelos que podem ser construídos, Paz *et al.* (2006) sugerem três categorias: o modelo representacional, que consiste em representações físicas tridimensionais da realidade (por exemplo: maquetes); o modelo teórico, entendido como um conjunto de características ou pressupostos acerca de um objeto ou sistema (por exemplo: sistema

solar, ciclo da chuva, ciclo do carbono etc.), o que pode ser expresso matematicamente; e o modelo imaginário, visto como um conjunto de suposições que descreve como seria um objeto ou sistema (por exemplo: DNA, ligações químicas etc.).

Embora apresentem características distintas, os diferentes tipos de modelos construídos no contexto escolar para o ensino de Biologia podem favorecer uma aprendizagem mais aprofundada das Ciências Naturais, contribuindo para ampliar a compreensão dos estudantes sobre o mundo que os cerca (Pietrocola, 1999). Esses modelos revelam como o aluno compreende e representa determinado fenômeno, expressam a estruturação de seu raciocínio e permitem ao professor atuar na mediação e validação desse processo de construção do conhecimento.

3. METODOLOGIA

O presente estudo fundamenta-se na revisão sistemática da literatura, que busca identificar, reunir e avaliar criticamente pesquisas sobre uma temática específica por meio de estratégias sistematizadas de investigação (Davies, 2007). Para tanto, foram seguidas as etapas de busca recomendadas por Creswell (2010), incluindo a definição do tema, seleção de palavras-chave, levantamento e triagem dos trabalhos, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão, análise dos textos e interpretação dos resultados.

De natureza qualitativa, a investigação concentrou-se nos usos da modelagem no ensino de Biologia para turmas do Ensino Médio. O corpus foi constituído por trabalhos publicados nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), evento promovido pela Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio), no período de 2005 a 2024. A escolha dos anais do ENEBIO como fonte documental decorre de sua relevância no campo do Ensino de Biologia no Brasil, constituindo um espaço de circulação e socialização de experiências pedagógicas, pesquisas em andamento e práticas desenvolvidas por professores e pesquisadores. Nesse sentido, a análise desses materiais permite compreender como determinadas temáticas, como a modelagem, vêm sendo mobilizadas no interior da comunidade acadêmica, especialmente no âmbito da formação docente e das práticas escolares.

A opção por não incluir artigos publicados em periódicos revisados por pares, dissertações, teses ou outras fontes acadêmicas, relaciona-se diretamente à pergunta de pesquisa e ao objetivo do estudo, que busca identificar como a modelagem aparece nas práticas e experiências relatadas

no contexto do evento. Assim, os trabalhos analisados são compreendidos como indícios de tendências e movimentos do campo, e não como evidências consolidadas da produção científica, o que implica reconhecer o estatuto epistemológico específico dessas bases documentais.

O recorte temporal adotado (2005–2024) corresponde ao período que se inicia com a primeira edição do ENEBIO, realizada em 2005, marco institucional importante para a estruturação do campo de pesquisa em Ensino de Biologia no país. O evento possui caráter bienal e, ao longo desse intervalo, contabiliza nove edições, sendo considerada nesta investigação a produção publicada até a edição mais recente disponível no momento da coleta dos dados. Essa delimitação permite acompanhar quase duas décadas de produção apresentada no evento, possibilitando observar continuidades, mudanças e recorrências no modo como a modelagem vem sendo abordada no ensino de Biologia.

Foram incluídos no corpus trabalhos que abordassem a construção ou utilização de modelos científicos no ensino de Biologia no Ensino Médio e que apresentassem informações suficientes para análise. Foram excluídas produções voltadas a outros níveis de ensino, estudos de caráter exclusivamente teórico sem descrição de aplicação didática e trabalhos em estágio inicial de desenvolvimento. A busca foi realizada na plataforma digital de anais do ENEBIO, utilizando os descritores “modelagem” e “modelização”.

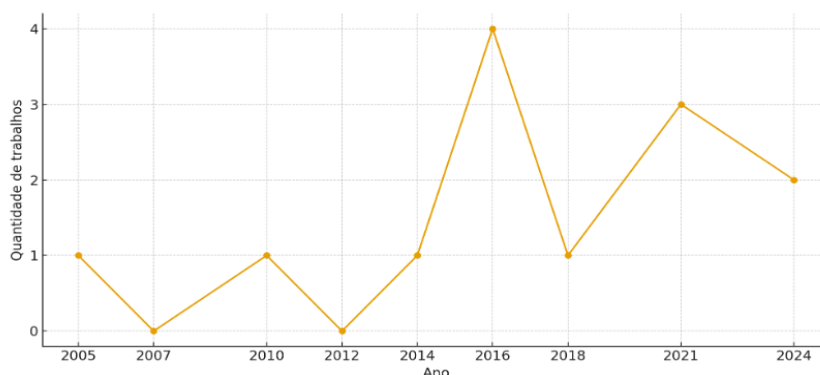
Após a identificação dos textos, procedeu-se à leitura integral dos trabalhos selecionados, com atenção à forma de utilização da modelagem, aos objetivos pedagógicos descritos e aos tipos de modelos empregados nas atividades propostas. Para a organização dos dados, os conteúdos escolares e os tipos de modelos identificados foram, *a priori*, categorizados conforme a proposta de Paz *et al.* (2006). Todavia, o processo analítico também contemplou a emergência de novas categorias, identificadas a partir da leitura exploratória dos textos. Essas categorias emergentes foram incorporadas à sistematização dos resultados, apresentados a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo as etapas apresentadas anteriormente, foram identificados, nas nove edições do evento ENEBIO, vinte e nove trabalhos sobre modelagem no ensino de Biologia. Desse total de

trabalhos, treze estavam de acordo com os critérios estabelecidos, isto é, focados em processos de modelagem para as aulas de Biologia no Ensino Médio. A quantidade de trabalhos selecionados e analisados encontra-se distribuída por ano de publicação dos eventos no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Distribuição dos trabalhos sobre modelagem no ensino de Biologia de acordo com os anos das edições do ENEBIO



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A partir dos resultados apresentados no Gráfico 1, observa-se que a edição de 2016 apresentou a maior concentração de trabalhos sobre o tema em relação às demais edições. Ainda assim, o número total de produções identificadas nas nove edições do ENEBIO é significativamente reduzido, sobretudo considerando que cada evento reúne mais de 500 trabalhos. Esse resultado evidencia a baixa incidência de investigações sobre modelagem, temática frequentemente tratada como trivial, mas que demanda maior aprofundamento pela comunidade acadêmica. Diante de sua relevância para a compreensão dos processos de construção do conhecimento científico, tal cenário aponta para fragilidades no campo da educação científica no Brasil.

Nesse contexto, torna-se imprescindível que o ensino de Ciências incorpore com mais fidelidade os processos pelos quais o conhecimento científico é produzido, validado e compreendido em suas dimensões histórica, filosófica e social. Que reflita o papel central da criatividade como elemento determinante para a constituição da ciência enquanto uma das mais notáveis produções culturais da modernidade; que ofereça uma estrutura conceitual clara e acessível, capaz de explicar de forma satisfatória os fenômenos observados e experienciados no mundo; e que contribua para fundamentar soluções tecnológicas capazes de enfrentar questões fundamentais da condição

humana, favorecendo a consolidação de estruturas socioeconômicas estáveis, do bem-estar coletivo e da saúde populacional (Gilbert, 2004).

Dado o papel central desempenhado pelos modelos e pela modelagem na atividade científica, ressalta-se a relevância de uma abordagem de ensino fundamentada nesses elementos, tanto para a promoção da compreensão de conceitos científicos quanto para o desenvolvimento de uma visão mais abrangente sobre a natureza da própria ciência. Desse modo, a seguir, no Quadro 2, são listados os trabalhos selecionados sobre a modelagem no ensino de Biologia para o Ensino Médio acompanhados dos respectivos objetivos de cada trabalho.

Quadro 2 – Trabalhos sobre modelagem no ensino de Biologia apresentados em diferentes edições do ENEBIO

Trabalho	Edição do ENEBIO/ Ano	Autor(es)	Título	Foco/objetivo
1	I 2005	Leandro Duso, Ana Cláudia Rangel Faria, José Arthur Martins, Marcelo Giovanela, Renata Ramos Goulart, Sílvia Carla Menti e Sibebe de Andrade Tesch.	Estudo da anatomia humana: um projeto interdisciplinar no Ensino Médio.	Estabelecer relações entre os conteúdos das áreas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e da disciplina de Educação Física, num projeto interdisciplinar com a construção de modelos.
2	III 2010	Cleonice Miguez Dias da Silva Braga, Louise Brandes Moura Ferreira e Maria Luiza de Araújo Gastal.	O uso de modelos em uma sequência didática para o ensino dos processos da divisão celular.	Detalhar o uso de modelos elaborados e atividades realizadas para o ensino da divisão celular numa sequência didática para uma turma de 1ª série do Ensino Médio.
3	V 2014	Jéssica Pauletti, Andréia Belusso, Gleisy Coser de Brito, Jacqueline Graff Reis e Caroline Heinig Voltolini.	Modelo didático tridimensional de epiderme foliar como estratégia para inclusão de alunos com deficiência visual no ensino de botânica.	Apresenta um modelo didático tridimensional de uma epiderme foliar desenvolvido por alunos de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas, a fim de contribuir para o aprendizado dos alunos, em especial, alunos com deficiência visual.
4	VI 2016	Juliana Sobral de Barros e Vera Lúcia Bahl de Oliveira.	Modelização: um caminho facilitador no ensino de genética.	Busca-se compreender se o uso de modelos interfere na aprendizagem dos alunos a partir da apresentação de três modelos didáticos (divisão celular, núcleo e constituição dos cromossomos)

				para turmas do terceiro ano do Ensino Médio.
5	VI 2016	Hudson Rodrigo da Cruz Monteiro, Davi Rios Valdez, Ana Constância e Zara Faria Sobrinha Guimarães.	Uma experiência de modelagem de conteúdos biológicos no Ensino Médio.	Projeto de modelagem tridimensional, que teve como objetivo revisar conteúdos de Biologia no Ensino Médio com a construção de modelos.
6	VI 2016	Arianne Francielle Silva Brão.	Colorindo a Genética quantitativa.	Atividades lúdicas com o uso de modelos didáticos para o ensino de genética quantitativa no Ensino Médio e Ensino Superior.
7	VI 2016	Eloisa Cristina Gerolin e Sílvia Luzia Frateschi Trivelato.	Ensino por investigação e modelagem como prática epistêmica: diálogos para o ensino de Ciências e Biologia.	Caracterizar como os alunos constroem modelos para representar a dinâmica de crescimento de uma população biológica - <i>Lemna sp.</i> , estudada no decorrer de uma atividade investigativa.
8	VII 2018	Ana Lis Rangel e Roni Ivan Rocha de Oliveira.	Flores de pano como modelo didático para o ensino inclusivo de botânica.	Proposta de ensino que visa auxiliar no ensino de botânica para alunos com dislexia, tdah e/ou deficiência visual, através de um modelo didático de uma flor.
9	VIII 2021	Tiago Maretti Gonçalves.	Construindo modelos didáticos tridimensionais de baixo custo para o Ensino de divisão celular (mitose e meiose) na disciplina de Biologia para o ensino.	Propõe a construção e a utilização de materiais didáticos simples e de baixo custo para a abordagem dos temas de mitose e meiose no ensino médio.
10	VIII 2021	Ana Paula Jarenczuk e Mara Luciane Kovalski.	Oficina pedagógica como metodologia para o Ensino de Biologia Celular.	Apresentar os resultados de uma oficina pedagógica realizada no ensino médio durante o Estágio Curricular Supervisionado de Biologia. Buscou associar as aulas teóricas ministradas durante o estágio com a construção dos modelos didáticos.
11	VIII 2021	Gabriel Iketani Coelho, Ellen Fernanda Coelho Nogueira, Jair Christian Aquino da Silva, Pedro Teodósio dos Santos Pinheiro	Lac 3D: um recurso didático tridimensional para o ensino do óperon da lactose.	Apresentar um recurso didático em 3D sobre o óperon da lactose (lac). O modelo é formado por diversas partes que representam as diferentes regiões do DNA, o RNA mensageiro e as proteínas envolvidas no processo.

		da Paixão e Rômulo Andrey Arruda da Silva.		
12	IX 2024	Kaline da Silveira Amorim e Marília Ribeiro Sales Cadena.	Diferenciação da célula B em plasmócito secretor de anticorpos: uma proposta de modelo didático.	Desenvolver modelo didático que representa o processo de diferenciação celular de células B em Plasmócitos secretores de anticorpos específicos por meio da modelagem 3D no Software Blender.
13	IX 2024	Francisco Hélio Coelho de Lima e Mário César Amorim de Oliveira.	Construção de modelos de células eucarióticas e procarióticas e a busca da autonomia discente em aulas práticas de Biologia no Ensino Médio.	Refletir sobre o impacto do uso de metodologias ativas no fomento à autonomia discente no Ensino Médio a partir de uma sequência didática composta de aulas teóricas e práticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Dessa forma, após a análise, os trabalhos foram classificados com base em categorias definidas *a priori* (i) e *a posteriori* (ii, iii e iv), considerando os eixos temáticos que emergiram, a saber:

- (i) *Temáticas escolares e tipos de modelos*: esta categoria reúne os principais conteúdos tratados nos trabalhos e as diferentes formas de utilização de modelos adotados para representá-los.
- (ii) *Modelagem ilustrativa ou instrucional*: contempla trabalhos nos quais os modelos são utilizados predominantemente como ferramentas ilustrativas ou expositivas, sem promover a modelagem como um processo cognitivo ativo por parte dos estudantes. Nesses casos, os modelos cumprem uma função informativa, mas não são explorados como mediadores da construção do conhecimento científico. Compõem esta categoria os trabalhos 3, 4, 8, 11 e 12 (Quadro 1).
- (iii) *Modelagem como prática científica escolar*: abrange as produções que exploram a modelagem como um processo ativo de construção do conhecimento, promovendo a participação dos estudantes. Pertencem a este grupo os trabalhos 1, 2 e 7 (Quadro 1).

- (iv) *Modelagem com limitações epistemológicas ou pedagógicas*: inclui os estudos que, embora façam uso da modelagem como recurso didático, apresentam fragilidades no aprofundamento conceitual ou na intencionalidade pedagógica. Enquadram-se aqui os trabalhos 5, 6, 9, 10 e 13.

Na sequência, cada categoria é apresentada, procedendo-se à discussão detalhada dos respectivos resultados.

4.1 TEMÁTICAS ESCOLARES E TIPOS DE MODELOS

Conforme a análise dos trabalhos, constatou-se que o uso de modelos esteve presente de forma expressiva em abordagens de conteúdos que envolviam conceitos abstratos ou fenômenos de difícil visualização na área das Ciências da Natureza. Entre os temas abordados, destacaram-se anatomia e fisiologia humana (trabalho 1), divisão celular (trabalhos 2 e 9), botânica (trabalhos 3, 7 e 8), genética (trabalhos 4, 6 e 11), biomas (trabalho 5) e células animais e vegetais (trabalho 10). Esses conteúdos, em razão de sua complexidade estrutural ou microscópica, frequentemente exigem estratégias didáticas que possibilitem aos estudantes construir representações mentais mais concretas.

Os tipos de modelos identificados em cada um dos trabalhos são caracterizados no Quadro 3, conforme a tipologia proposta por Paz *et al.* (2006).

Quadro 3 – Tipos de modelos e suas características identificados nos trabalhos sobre modelização no ensino de Biologia apresentados em diferentes edições do ENEBIO

Trabalhos	Tipo de Modelo	Características propostas por Paz <i>et al.</i> (2006)
1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12 e 13.	Modelo Didático Tridimensional	Modelo representacional - consiste em uma representação tridimensional de determinado objeto, fenômeno ou conceito.
7	Modelo matemático	Modelo teórico - conjunto de pressupostos que busca explicitar um objeto ou um sistema, podendo ser expresso por meio de equações matemáticas.
7	Representação Gráfica	Modelo teórico - pautado em descrições matemáticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Entre os tipos de modelos identificados, verificou-se que doze trabalhos utilizaram modelos representacionais, predominantemente tridimensionais, enquanto apenas um estudo fez uso de modelos matemáticos e representações gráficas fundamentadas em descrições quantitativas. Essa

predominância do uso de modelos representacionais no ensino de Biologia evidencia uma tendência metodológica voltada a tornar conteúdos abstratos mais acessíveis por meio da visualização e manipulação de estruturas que representam sistemas biológicos complexos.

Essa abordagem pedagógica, centrada na construção e utilização de modelos representacionais, tem se mostrado particularmente efetiva para promover a aprendizagem. Conforme Duso *et al.* (2013), esses modelos desempenham, no ensino de Biologia e Química, um papel comparável ao dos modelos teóricos no ensino de Física e Matemática, permitindo que os estudantes articulem ideias, identifiquem relações entre estruturas e processos, e desenvolvam explicações mais coerentes sobre os fenômenos naturais.

Ainda que apenas um dos textos analisados (trabalho 7) tenha explorado o uso de modelos teóricos, essa escolha não diminui sua relevância no campo das Ciências Biológicas. Pelo contrário, evidencia a diversidade de abordagens possíveis na utilização de modelos, que podem ser representacionais, teóricos, matemáticos ou computacionais, dependendo dos objetivos pedagógicos e do tipo de fenômeno investigado.

Como destacam Schwarz *et al.* (2016), os modelos devem ser compreendidos não apenas por sua forma, mas principalmente pela função que desempenham no processo de ensino e aprendizagem. Ou seja, mais do que representar estruturas, os modelos devem possibilitar que os estudantes compreendam como e por que determinados fenômenos ocorrem, contribuindo assim para o desenvolvimento do pensamento científico e para a construção de explicações fundamentadas em evidências.

Nas categorias de análise subsequentes, aprofundou-se a discussão sobre a forma como cada estudo abordou o processo de construção e utilização dos modelos no ensino de Biologia, possibilitando uma compreensão mais detalhada das práticas pedagógicas investigadas.

4.2 MODELAGEM ILUSTRATIVA OU INSTRUCIONAL

No trabalho 4, Barros e Oliveira (2016), ao considerarem as dificuldades dos alunos na compreensão de processos celulares abstratos relacionados ao conteúdo de Genética, elaboraram e utilizaram três modelos didáticos (núcleo, DNA e divisão celular) com turmas do terceiro ano do Ensino Médio. Para avaliar o impacto desses recursos na aprendizagem, foi realizada uma

comparação entre duas abordagens: uma aula tradicional, baseada em lousa e giz, e outra que incorporou os modelos confeccionados pelos docentes, juntamente com recursos de mídia, como projetor multimídia. A análise planejada, por meio da aplicação de questionários diagnósticos antes e após as aulas, não foi plenamente realizada devido à elevada evasão dos estudantes. Ainda assim, os autores destacaram que, a partir das observações em sala de aula, os modelos favoreceram a visualização de estruturas e processos celulares e contribuíram para o engajamento dos estudantes.

À luz da concepção teórica apresentada por Schwarz *et al.* (2016), é possível afirmar que tal prática não constitui, de fato, um processo de modelagem científica. Para os autores, modelos científicos não são apenas representações visuais ou descritivas de elementos do mundo real, mas instrumentos cognitivos utilizados com o propósito de compreender, explicar e prever fenômenos naturais. A modelagem, nesse sentido, exige o envolvimento ativo dos estudantes na construção, teste, avaliação e revisão de modelos, vinculados a um fenômeno específico e articulados a uma intencionalidade clara de produção de conhecimento.

Os quatro trabalhos seguintes também apresentaram propostas didáticas orientadas pela mesma abordagem baseada no uso de modelos previamente elaborados pelos docentes; entretanto, distinguiram-se por seu enfoque na inclusão. Os manuscritos 3 e 8 concentraram-se na utilização de modelos didáticos inclusivos no ensino de Botânica, destacando a preocupação com a acessibilidade e a diversidade de perfis presentes em sala de aula. Ambos os trabalhos tiveram como eixo central a elaboração de materiais tridimensionais e táteis, confeccionados com recursos de baixo custo, com o objetivo de favorecer a aprendizagem de conteúdos biológicos por meio da mediação sensorial e da adaptação pedagógica.

No estudo 3, Pauletti *et al.* (2014) relataram a construção de um modelo tridimensional da epiderme foliar, desenvolvido por estudantes de licenciatura com o objetivo de ampliar o acesso ao conhecimento para alunos com deficiência visual. No trabalho 8, Rangel e Oliveira (2018) propuseram a utilização da “flor-modelo”, um recurso ampliado e tátil que, além de atender às necessidades de estudantes com deficiência visual, também considera as demandas de alunos com dislexia e Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), ao explorar cores e texturas como instrumentos facilitadores da aprendizagem.

Embora ambos os modelos tenham sido elaborados previamente pelos docentes ou pelos licenciandos e não configurem práticas de modelagem no sentido investigativo e participativo, as propostas demonstraram compromisso com a construção de ambientes de aprendizagem mais equitativos. As iniciativas enfatizaram a importância de adaptar os recursos didáticos às demandas de diferentes perfis de estudantes, incorporando princípios da educação inclusiva ao ensino de Biologia.

De modo semelhante, o trabalho 11, de Iketani *et al.* (2021), apresentou um modelo tridimensional impresso em 3D com o objetivo de apoiar o ensino de Genética, especificamente os mecanismos de funcionamento do óperon da lactose (lac). O modelo foi composto por diversas peças que representavam as regiões do DNA, o RNA mensageiro e as proteínas envolvidas no processo, permitindo também a simulação de mutações genéticas. Sua principal contribuição esteve na promoção da acessibilidade, especialmente para estudantes com deficiência visual, que puderam manipular o modelo, perceber suas dimensões e realizar a leitura das regiões do DNA por meio da identificação em braile. Além disso, por ser um material de baixo custo e alta durabilidade, apresentou-se como alternativa viável para o uso contínuo em contextos escolares. Os autores sugeriram diferentes formas de utilização do recurso, tais como: ferramenta de explicação docente, jogo didático para memorização das estruturas ou como parte de uma atividade em sala de aula invertida, precedida por leituras ou vídeos sobre o conteúdo. Ressaltaram, ainda, a importância de esclarecer aos estudantes que o modelo constituía uma representação esquemática do processo biológico, evitando interpretações equivocadas entre os elementos simbólicos e a realidade científica.

Nessa mesma perspectiva, o trabalho 12, de Amorim e Cadena (2024), teve como objetivo desenvolver um modelo didático tridimensional impresso em 3D para apoiar o ensino e a compreensão do processo de diferenciação das células B em plasmócitos secretores de anticorpos específicos, um tema complexo da imunologia. O modelo foi criado no software Blender® (v. 2.8), utilizando técnicas de modelagem 3D (modificação de vértices, faces, extrusão, rotação etc.) e posteriormente preparado para impressão. O protótipo final constituiu-se como um recurso tátil e interativo, composto por peças de encaixe que representavam cada fase da diferenciação celular, permitindo a visualização e manipulação das etapas do processo. Incluiu representações de linfócitos

B, linfócitos T (TH), antígenos e anticorpos, evidenciando como ocorre a ativação e secreção de imunoglobulinas.

Em ambos os casos, observou-se que os modelos foram utilizados como instrumentos para visualização, manuseio e memorização dos conceitos, construídos previamente pelos docentes, sem a participação ativa dos estudantes na elaboração ou na problematização dos modelos. Embora tenham se constituído como recursos pedagógicos relevantes, voltados para a inclusão e/ou o acesso ao conhecimento científico, essas propostas não configuraram práticas de modelagem no sentido estrito, conforme definido na literatura (Justi, 2015), uma vez que não envolveram o engajamento dos alunos em processos investigativos de construção, análise e validação de modelos científicos.

4.3 MODELAGEM COMO PRÁTICA CIENTÍFICA ESCOLAR

No trabalho 1, Duso *et al.* (2005) relataram o desenvolvimento do projeto "Descobrimo o Corpo Humano", realizado com estudantes do 2º ano do Ensino Médio ao longo de um ano letivo. A proposta foi estruturada em três etapas: sensibilização por meio de palestras e visitas; construção coletiva de modelos tridimensionais do corpo humano com base em pesquisa; e socialização crítica dos trabalhos com alunos de outras escolas. Os resultados indicaram que a atividade possibilitou uma aprendizagem integrada de conhecimentos de diferentes áreas, como Química, Física, Matemática e Biologia, promovendo uma compreensão sistemática do corpo humano. A construção dos modelos tridimensionais favoreceu o desenvolvimento de conceitos relacionados ao volume, proporção, localização espacial, interações e estrutura funcional dos órgãos e sistemas corporais. A participação ativa dos alunos na elaboração e validação dos modelos caracteriza a prática como uma experiência de modelagem científica, favorecendo a construção autônoma e contextualizada do conhecimento.

Diferentemente das abordagens centradas no uso de modelos prontos e na memorização de estruturas, o trabalho de Duso *et al.* (2005) evidenciou a amplitude e o potencial das práticas de modelagem científica, ao articular de forma integrada diferentes áreas do conhecimento e promover o envolvimento ativo dos estudantes em todas as etapas do processo. Tratou-se de uma proposta interdisciplinar que contemplou as duas dimensões fundamentais da modelagem: pensar sobre modelos e pensar com modelos. A primeira diz respeito ao processo intelectual de decidir quais

elementos e relações devem compor o modelo, exigindo que os alunos analisem criticamente o sistema em estudo e realizem escolhas conscientes sobre o que representar e de que forma fazê-lo. Já a segunda envolve o uso do modelo como ferramenta para explicar e prever fenômenos naturais ou biológicos, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio baseado em modelos, um objetivo central da educação científica (Schwarz *et al.*, 2016).

Na mesma linha de pensamento, no trabalho 7, Gerolin e Trivelato (2016) discutiram, sob uma perspectiva teórica, as relações entre o ensino de Ciências por investigação e a modelagem, destacando-a como prática epistêmica fundamental. A partir dessa perspectiva, as autoras analisaram uma sequência didática sobre o crescimento populacional de *Lemna sp.*, cujo objetivo foi engajar os alunos em uma investigação científica. Após 15 dias de observação, os estudantes elaboraram relatórios e modelos representacionais, como gráficos ou modelos matemáticos, acerca do fenômeno estudado. Os resultados indicaram o desenvolvimento de práticas epistêmicas, como o uso de conhecimentos prévios e a formulação de critérios investigativos. As autoras concluíram que a articulação entre investigação e modelagem favoreceu a compreensão da natureza da ciência, tornando os estudantes protagonistas de seu processo de aprendizagem.

Ao integrarem a modelagem de modo interdisciplinar ou associada a práticas de investigação, Duso *et al.* (2005) e Gerolin e Trivelato (2016) demonstraram a possibilidade de criar situações de aprendizagem significativas, nas quais os estudantes não apenas assimilaram conceitos, mas também experimentaram modos de pensar e agir próprios da ciência, desenvolvendo competências analíticas, criativas e reflexivas. O valor atribuído às concepções prévias dos discentes na prática corresponde ao apontado por Ferreira (2006): os modelos não são apenas ferramentas para representar conhecimentos científicos consolidados, mas também instrumentos para a reconstrução ativa desses conhecimentos pelos alunos. Em um processo dinâmico, os aprendizes mobilizam suas ideias iniciais, frequentemente incompletas ou alternativas, para interpretar fenômenos, testar hipóteses e construir explicações mais coerentes, a partir da mediação docente e do confronto com dados empíricos ou teóricos.

No trabalho 2, Braga, Ferreira e Gastal (2010) apresentaram os resultados da aplicação de uma sequência didática fundamentada no uso de modelos para o ensino da divisão celular. O objetivo do trabalho foi detalhar o modelo elaborado e as atividades realizadas nas aulas que

compunham a sequência. Para o processo de modelização de cromossomos, foram utilizados canudos de refrigerante; as atividades foram realizadas em quatro aulas com uma turma do 1º ano do Ensino Médio. Na 1ª aula, os canudos foram empregados na modelagem dos diferentes tipos de cromossomos. Na 2ª aula, realizou-se a modelagem de cromossomos simples e duplicados, o que possibilitou a discussão sobre a duplicação da molécula de DNA, sua relação com a divisão celular e as consequentes alterações na estrutura cromossômica. Na 3ª aula, os alunos representaram e registraram, por meio de desenhos, todas as fases da mitose, simulando as diferentes posições e movimentos dos cromossomos. Na 4ª e última aula, voltada ao ensino de meiose, a modelagem permitiu que os alunos formulassem e testassem hipóteses acerca de como, nesse tipo de divisão, uma célula diploide pode originar células filhas com apenas um genoma.

A análise dos dados obtidos permitiu inferir que o uso de modelos promoveu um maior envolvimento dos alunos com o conteúdo, facilitou o diálogo e a troca de significados entre professor e aluno, contribuiu para uma melhor compreensão de conceitos e processos abstratos e propiciou situações que incentivaram a formulação e teste de hipóteses, entre outros. Por fim, as autoras destacaram a importância de esclarecer aos estudantes os limites da analogia sugerida pelo modelo de cromossomo construído com os canudos, considerando que eles podem interpretá-lo como uma representação fiel da realidade. Essa preocupação apresenta fundamentação teórica e encontra respaldo em Ferreira (2006), que destaca a necessidade de os alunos compreenderem claramente os limites, papéis e funções dos modelos.

A dimensão crítica dos trabalhos com modelos reforçou seu valor como prática científica escolar, ao aproximar os estudantes dos modos de pensar e agir da ciência. Dessa forma, a modelagem emergiu como uma estratégia pedagógica eficaz, capaz de possibilitar aprendizagens contextualizadas e coerentes com os processos de construção do conhecimento científico.

4.4 MODELAGEM COM LIMITAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS OU PEDAGÓGICAS

No trabalho 9, Gonçalves (2021) propôs a construção e utilização de modelos didáticos tridimensionais de baixo custo para o ensino de divisão celular aos alunos do Ensino Médio. Para tanto, foram utilizados materiais como placas de isopor circulares com cerca de 15 cm de diâmetro; tinta nas cores cinza e salmão; massa de biscoito ou de modelar; novelos de lã e cola de isopor. Sugeriu-se que, primeiramente, o docente apresentasse os modelos didáticos na abordagem das

divisões da meiose e mitose, discutindo suas diferenças, para que os alunos, em seguida, construíssem em grupos seus próprios modelos a partir dos conhecimentos previamente assimilados. Após a finalização dos modelos, cada grupo apresentaria seu modelo didático, simulando os mecanismos das fases da mitose ou da meiose. O objetivo da proposta era facilitar o processo de ensino e aprendizagem, adotando uma abordagem mais lúdica e motivadora. Dessa forma, esperava-se que os estudantes compreendessem o tema abordado de maneira mais eficaz, considerando o estímulo visual e a interação proporcionada pelo trabalho em grupo.

Apesar de a proposta apresentada por Gonçalves (2021) ter demonstrado potencial para tornar o ensino mais dinâmico e acessível, sua abordagem de modelagem revelou limitações do ponto de vista pedagógico e epistemológico. A atividade descrita tendeu a se restringir a um uso predominantemente ilustrativo e reprodutivo dos modelos, priorizando a construção manual e a estética em detrimento do desenvolvimento de explicações científicas ou da problematização conceitual. A ausência de discussões sobre as limitações, funções e natureza dos modelos impediu que os estudantes apreendessem seu caráter teórico e provisório, conforme defendem autores como Ferreira (2006) e Schwarz *et al.* (2016). Além disso, a proposta não mobilizou as concepções prévias dos alunos, nem estimulou a elaboração de hipóteses ou o raciocínio investigativo, aspectos considerados fundamentais para a construção significativa do conhecimento. Embora a ludicidade e o trabalho em grupo possam favorecer o engajamento, essas estratégias deveriam estar articuladas a objetivos pedagógicos claros e à intencionalidade de promover a modelagem como prática científica autêntica, e não apenas como uma representação visual simplificada dos fenômenos biológicos.

No trabalho 5, Monteiro *et al.* (2016) relataram uma experiência referente a ações desenvolvidas pelo PIBID-Bio, em um projeto de modelagem tridimensional, que teve como objetivo a revisão de conteúdo do 3º ano do Ensino Médio, por meio da construção de modelos que relacionassem organismos aos biomas brasileiros. Embora a atividade tenha sido avaliada como prazerosa pelos estudantes, emergiram alguns desafios, como a dificuldade inicial em compreender o que constituía um modelo, a ausência de conhecimentos prévios relacionados ao tema e a percepção de que o tempo disponível não foi plenamente aproveitado. Esses aspectos evidenciaram a carência de um trabalho conceitual mais aprofundado sobre a natureza dos modelos científicos.

Apesar do potencial da proposta, observou-se a necessidade de uma mediação mais consistente que promovesse o aprofundamento conceitual necessário para consolidar a modelagem como ferramenta de aprendizagem. Nesse sentido, destaca-se a importância de não apenas propor a modelagem, mas também de planejar ações que favoreçam a compreensão dos fundamentos teóricos e das funções dos modelos, permitindo que os alunos avancem além da atividade prática e desenvolvam uma compreensão mais crítica e integrada dos conteúdos trabalhados.

A análise dos textos 6, 10 e 13 revelou pontos de convergência significativos no uso de modelos didáticos como recursos pedagógicos, mas também apontou limitações comuns no que diz respeito à abordagem da modelagem científica em sua integralidade. O manuscrito de número 6, de Brão (2016), apresentou uma proposta de ensino de genética quantitativa a partir da construção de atividades lúdicas utilizando modelos didáticos. A autora desenvolveu três oficinas sobre cor da pele, dos olhos e do cabelo, aplicadas a turmas da 3ª série do Ensino Médio e a estudantes de graduação em Ciências Biológicas. Nessas oficinas, materiais simples como massinha de modelar, papel cartão, palitos e isopor foram utilizados com o objetivo de visualizar os resultados de cruzamentos genéticos e facilitar a compreensão do conteúdo. Apesar da avaliação positiva por parte dos estudantes e da ênfase na acessibilidade e no baixo custo dos materiais, observou-se que a proposta não se articulou a uma concepção mais ampla de modelagem científica, tal como discutida até aqui (Ferreira, 2003; Justi, 2015; Schwarz *et al.*, 2016). A autora não promoveu reflexões sobre os limites, a natureza ou a função dos modelos utilizados, tampouco explorou os processos de construção, análise e validação desses modelos, o que restringe seu potencial formativo. A atividade foi tratada majoritariamente como um recurso lúdico e ilustrativo, voltado à visualização de conceitos, mantendo-se desvinculada da dimensão epistemológica da modelagem, que envolve o raciocínio sobre e com os modelos, bem como a construção ativa do conhecimento científico.

O mesmo ocorreu no trabalho 10, em que Jarenczuk e Kovalski (2021) descreveram um relato de experiência sobre uma oficina pedagógica realizada durante um estágio supervisionado de Biologia I, em um Colégio Estadual do município de Quedas do Iguaçu-PR. Com 25 alunos do 1º ano do Ensino Médio, a oficina teve como foco a confecção de células animais e vegetais comestíveis. Inicialmente, foram trabalhados os conteúdos relacionados à Biologia Celular de maneira teórica; em seguida, com o objetivo de articular teoria e prática e possibilitar uma maior compreensão dos

conteúdos, propôs-se a construção dos modelos. Por meio da modelagem de organelas em pasta americana, os estudantes participaram de uma atividade prática que culminou na aplicação de um questionário para registrar suas percepções sobre a experiência. Os resultados indicaram que a oficina pedagógica contribuiu para a compreensão dos conteúdos de Biologia Celular e favoreceu a interação entre os alunos e a estagiária.

No texto 13, apesar de os autores Lima e Oliveira (2024) terem discutido a elaboração de modelos didáticos e sua relação com os modelos científicos, a atividade desenvolvida com estudantes do 2º ano do Ensino Médio também apresentou limitações. A proposta consistiu na aplicação de uma sequência didática sobre Biologia Celular que integrou aulas teóricas e práticas envolvendo a construção de modelos didáticos de células eucarióticas e procarióticas. A iniciativa teve como objetivo retomar e mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca das diferenças entre células eucarióticas e procarióticas, utilizando recursos visuais, vídeos e analogias. Em seguida, os autores discutiram a elaboração de modelos didáticos e sua relação com os modelos científicos. Nos encontros posteriores, os alunos planejaram e construíram seus modelos utilizando materiais simples e acessíveis, como massa de modelar, itens de artesanato e alimentos, para representar as principais estruturas celulares. Os resultados evidenciaram envolvimento dos estudantes durante as atividades práticas. O trabalho em grupo favoreceu a cooperação, a comunicação e a troca de saberes entre pares. Além de contribuir para a compreensão das estruturas e funções celulares, a experiência também favoreceu o interesse dos estudantes pelas Ciências Biológicas, evidenciando o potencial das metodologias ativas na construção da aprendizagem e no fortalecimento da autonomia discente.

Apesar dos méritos pedagógicos e do potencial motivador das atividades propostas, elas ainda carecem de aprofundamento teórico e metodológico para se alinharem a uma perspectiva mais robusta de modelagem científica no ensino. Isso aponta para a importância de formações docentes e práticas pedagógicas que incorporem não apenas o uso de modelos, mas a modelagem como processo investigativo e formativo central à ciência escolar. Essa diferença na compreensão do papel da modelagem pode estar associada ao fato de que o professor nem sempre aprofunda ou explora plenamente o potencial didático-pedagógico dessa abordagem, seja por escolhas pedagógicas intencionais, seja pela ausência de maior aprofundamento teórico-conceitual acerca

dessa perspectiva, dos modelos e da própria natureza da ciência. A esse respeito, Ferreira e Justi (2005) destacam que:

[...] mais ênfase deve ser dada à modelagem durante os cursos de formação (inicial ou continuada) de professores, capacitando-os a refletir criticamente sobre o processo, a propor atividades de modelagem que possam ser aplicadas em uma maior gama de contextos e a conduzir o processo de ensino de forma adequada (Ferreira; Justi, 2005, p. 9).

Depreende-se, portanto, que o foco central não reside em delimitar o que pode ou não ser considerado um modelo, nem em alcançar a representação mais precisa possível, mas sim em compreender o propósito pedagógico de seu uso em sala de aula. Quando a representação é utilizada apenas para nomear componentes de um sistema de forma estática ou para fins meramente de memorização, seu potencial formativo torna-se limitado e o sentido da modelagem pode se perder.

Por outro lado, quando a representação é empregada para expressar ideias e investigar as interações entre os elementos de um sistema, com o intuito de explicar fenômenos, configura-se efetivamente uma prática autêntica de modelagem (Schwarz *et al.*, 2016). Nesse sentido, a modelagem não deve ser vista como um recurso didático acessório, mas como um eixo estruturante de propostas pedagógicas que valorizam o questionamento, a reflexão e a construção coletiva de significados. Tal perspectiva demanda uma atuação docente intencional, mediadora e teoricamente fundamentada, capaz de transformar atividades práticas em experiências de aprendizagem de caráter investigativo e formativo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação realizada evidenciou uma presença ainda incipiente da modelagem nas produções acadêmicas voltadas ao ensino de Biologia no Ensino Médio, publicadas nos anais do ENEBIO entre 2005 e 2024. Apesar do reconhecimento do valor pedagógico dos modelos como recursos visuais e facilitadores da aprendizagem, a maior parte dos trabalhos analisados ainda aborda a modelagem de forma restrita, muitas vezes associada a práticas ilustrativas, estéticas ou reprodutivas, que pouco contribuem para a construção ativa do conhecimento e para o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes.

Essa constatação evidencia uma limitação relevante: a modelagem, quando não articulada a uma intencionalidade epistemológica explícita, pode ser reduzida a um recurso didático de apoio, desvinculado de seu potencial como prática investigativa e formativa. O uso de modelos prontos ou elaborados apenas com finalidade de visualização, sem o engajamento dos estudantes na formulação de hipóteses, no confronto com dados ou na análise crítica de suas representações, não configura, de fato, uma prática de modelagem científica conforme definida na literatura especializada (Gilbert; Justi, 2016).

Por outro lado, os poucos trabalhos que adotam uma perspectiva mais aprofundada da modelagem indicam que, quando adequadamente planejada e conduzida, essa estratégia apresenta potencial para promover aprendizagens interdisciplinares, contextualizadas e fundamentadas na compreensão conceitual. Nesses casos, os estudantes assumem um papel ativo no processo de construção do conhecimento, desenvolvendo habilidades analíticas, criativas e reflexivas, competências consideradas fundamentais para o fazer científico. Nesse contexto, o foco desloca-se do modelo como produto final para o processo intelectual do estudante, valorizando o raciocínio, a tomada de decisões e a capacidade de representar e interpretar fenômenos. Desse modo, reforça-se o caráter formativo da modelagem, tanto na construção do conhecimento quanto na formação de sujeitos críticos, autônomos e capazes de atuar de maneira ativa na sociedade.

Diante desse cenário, destaca-se a necessidade de ampliar a compreensão da modelagem como prática epistêmica, para além de sua função representacional. Para tanto, torna-se necessário investir na formação inicial e continuada de professores, promovendo o aprofundamento teórico acerca dos modelos, de seus limites, funções e natureza provisória, bem como a apropriação de estratégias pedagógicas que favoreçam seu uso como instrumento de investigação e problematização. Nesse sentido, é fundamental que o professor compreenda a modelagem não apenas como um recurso lúdico ou atrativo, mas como uma prática que requer mediação qualificada e intencionalidade pedagógica.

Ademais, vale destacar, como limitação deste estudo, que a análise se concentrou exclusivamente nos trabalhos publicados nos anais do ENEBIO, sem considerar periódicos revisados por pares, teses, dissertações ou outras fontes acadêmicas. Por isso, os resultados refletem tendências observadas nesse evento específico e não podem ser generalizados para toda a produção

sobre modelagem no ensino de Biologia, indicando a necessidade de futuras pesquisas que explorem outras bases de dados e contextos de ensino.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC; Consed; Undime, 2018.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAVIES, Philip. Revisões sistemáticas e a Campbell Collaboration. In: THOMAS, Gary. *et al.* **Educação baseada em evidências**: atualização dos achados científicos para a qualificação da prática pedagógica. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DUSO, Leandro *et al.* Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 29-44, 2013.

FERREIRA, Poliana F. M.; JUSTI, Rosária da Silva. Atividades de construção de modelos e ações envolvidas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru: ENPEC, 2005.

FERREIRA, Poliana F. M. **Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências**: uma análise no estudo de equilíbrio químico. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/faacd8f1-dbc8-446d-a53a-1547b6117886>. Acesso em: 24 nov. 2025.

GILBERT, John K. Models and modelling: routes to a more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, n.2, p. 115-130, 2004.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, D. (Org.). **Modelos e educação em ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998. p. 12-34.
GILBERT, John K.; JUSTI, Rosária. **Modelling-based teaching in science education**. Basel, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

JUSTI, Rosária. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 31-48, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/PJnWzcv8fLY3zJtqgxTXtNj/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2025.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele: Keele University, 2004. (Technical Report TR/SE-0401).

MAIA, Poliana F.; JUSTI, Rosária. Contribuições de modelagem para o desenvolvimento de habilidades de investigação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis: ENPEC, 2009.

PAZ, Alfredo M. da *et al.* Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 157-170, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/VnkmpCkDhwjnYyt4tVBQ5Lj/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2025.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

SCHWARZ, Christina V. *et al.* *Developing and using models*. In: SCHWARZ, Christina; PASSMORE, Cynthia; REISER, Brian (Orgs.). **Helping students make sense of the world using Next Generation Science and Engineering Practices**. Arlington: [s.n.], 2016. p. 109-134.

SILVA, Fernando S. da; CATELLI, Francisco. Os modelos no ensino de ciências: reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, e20190248, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/7crP8QRsn636rMxVp3VHVtk/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 24 nov. 2025.