

DOI: [10.46943/IX.CONEDU.2023.GT16.006](https://doi.org/10.46943/IX.CONEDU.2023.GT16.006)

A UTILIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DE MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

RONY ALMEIDA ARAGÃO

Mestrando em Ensino pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, ronyalmeida17@hotmail.com;

AYLA MÁRCIA CORDEIRO BIZERRA

Professor(a) orientador(a): Doutora em Química pela Universidade Federal do Ceará – UFC, ayla.bizerra@ifrn.edu.br;

RESUMO

No ensino de química, são recorrentes as dificuldades dos estudantes em relação a interpretação, representação e concretização dos conhecimentos científicos nas atividades escolares. Essas situações podem ser resultantes do reconhecimento da natureza abstrata dessa ciência, o que pode dificultar a compreensão dos conceitos trabalhados pelos mediadores. Com isso, a utilização da modelagem de maneira didática e científica como estratégia pedagógica nos ambientes de aprendizagem minimizam as lacunas conceituais vivenciadas nesses espaços, potencializando possivelmente uma construção sólida dos pensamentos no cenário educacional a partir da transposição das concepções do mundo microscópico para o mundo macroscópico. Diante disso, a prática de modelagem assume um caráter auxiliador nas ciências naturais, uma vez que viabiliza as representações mentais de maneira concreta e diversificada na conceituação de fenômenos. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura acerca do uso da modelagem no ensino de química. A pesquisa utilizada para o desenvolvimento dos procedimentos metodológicos foi de natureza bibliográfica e descritiva, de forma a sintetizar e apresentar o quantitativo de materiais inseridos em diferentes bases de dados (Periódicos CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e SciELO) no período de 2019 a 2023. A quantificação dos resultados obtidos mostra a carência de trabalhos acadêmicos que desenvolvem práticas de modelagem no ensino de química, evidenciando a necessidade da construção de instrumentos pedagógicos que aproximem os conceitos

científicos dos estudantes, diminuindo os processos de abstração e conseqüentemente favorecendo a assimilação do conhecimento.

Palavras-chave: Modelagem, Ensino de química, Revisão da literatura.

INTRODUÇÃO

A ruptura e a transformação contínua no ambiente escolar são motivadas pela criação, implementação e avaliação das abordagens pedagógicas, na tentativa de promover práticas educacionais que potencializam, por um lado, a autonomia, criticidade e tomada de decisão dos estudantes e, por outro, os processos formativos dos professores e sua construção social, de atitudes e de valores (FORNER, 2018; MALHEIROS; SOUZA; FORNER, 2021). Com isso, a modelagem surge como uma prática com potencial inovador no processo de ensino e aprendizagem, constituindo-se como uma abordagem pedagógica que possibilita o pensamento crítico, criativo e investigador diante dos problemas cotidianos dos estudantes, sendo elementos fundamentais para a construção dos conhecimentos nos ambientes educacionais (MALHEIROS, 2014; MALHEIROS; SOUZA; FORNER, 2021).

Nesta perspectiva Sá, Morrales e Bego (2021, p. 3) descrevem que “A modelagem é uma atividade processual que envolve a construção, expressão, testes e reelaboração de modelos”, tendo em vista que uma das potencialidades da produção de esquemas científicos é a de explicar e prever o detalhamento de fenômenos, representando de diversas maneiras a transposição da realidade e conseqüentemente a criação de significados e habilidades (PÉREZ; GALINDO; GALLI, 2018).

Por se tratar de uma abordagem pedagógica, a modelagem pode ser desenvolvida em distintas disciplinas, como por exemplo, em artes (DIAS, 2021), em biologia (SILVA; COSTA; SANTOS, 2023), em educação física (BARBOSA, 2023), em física (MUNHOZ; BUENO, 2015), em geografia (MAURI et al. 2021), em matemática (ALMEIDA; SILVA, 2021) e em química (MOZZER; JUSTI, 2018).

Desse modo, os professores podem fornecer subsídios ou artefatos (cartolina, livros, lápis de cor, simuladores...) aos estudantes para a concretização dos seus modelos mentais, acessibilizando a ciência a partir da investigação e compreensão de conceitos científicos, uma vez que potencializa o pensamento crítico-reflexivo e o ensino, sendo uma alternativa viável para atender as demandas educacionais postas em documentos nacionais (PAGANINI; JUSTI; MOZZER, 2014). Por isso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) discorre sobre o desenvolvimento das práticas de modelagem, na tentativa de incentivar a construção e a utilização de desenhos, imagens, maquetes e ferramentas digitais (*software, website...*) inclusive no ensino de ciências da natureza, buscando contemplar as habilidades de representação e

explicação dos modelos criados sob a ótica da linguagem e comunicação científica (BRASIL, 2018).

Há séculos, a modelagem está presente na construção filosófica, física e social da ciência, principalmente direcionada a representação macroscópica da constituição da matéria, sendo perceptível o desenvolvimento de teorias e leis dos métodos científicos idealizados pelos cientistas, possibilitando a elaboração de modelos para a representação e conceituação da realidade microscópica (MELO; LIMA NETO, 2013).

Dessa maneira, a construção de modelos está sendo reconhecida nas últimas décadas no ensino de ciências e, por isso, torna-se fundamental o estudo e o detalhamento dos produtos oriundos do conhecimento científico, validando e utilizando as práticas educativas e os processos criativos de modelagem (JUSTI, 2015). Borges e Rodrigues (2022) enfatizam a importância da elaboração de modelos experimentais e tridimensionais nas disciplinas de ciências, sendo uma ferramenta didática para a promoção e transposição da criatividade, fomentando a visualização e concretização de fenômenos elementares do cotidiano.

Nas ciências da natureza, os processos de ensino e aprendizagem perpassam por um nível significativo de abstração e de dificuldades de compreensão entre os conceitos trabalhados, influenciados pelo dinamismo teórico-metodológico dos docentes e dos estudantes no campo didático-pedagógico (ALVES; SANGIOGO; PASTORIZA, 2021). Na tentativa de minimizar as adversidades e o distanciamento na construção do conhecimento, o uso das práticas de modelagem torna-se uma estratégia inovadora para a representação de conceitos científicos pelos sujeitos, porém carece de estudos e discussões relativas ao cenário das investigações científicas (ALVES; SANGIOGO; PASTORIZA, 2021; ALMEIDA; BOSSOLANI-KIILL, 2019).

No contexto das ciências naturais, o estudo desenvolvido por Silva, Britto e Rotta (2021) exemplifica uma prática pedagógica de elaboração de modelos didáticos, criando enredo, personagens e cenários para as Histórias em Quadrinhos (HQ) sobre a temática Astronomia, tendo como objetivo relacionar as áreas de ciências, artes e história para a assimilação dos conceitos científicos sob a ótica de criticidade e criatividade. Justi (2015) enfatiza que a criação de modelos ou de modelagens envolve um método dinâmico e criativo, o qual potencializa o desenvolvimento de competências e habilidades no entendimento da ciência e da sua abstratividade.

Por isso, Mozzer e Justi (2018) apresentam uma sequência de ensino baseada na perspectiva analógica da modelagem aplicada aos sistemas de dissolução de

substâncias, fomentando a criação macroscópica das moléculas e das interações intermoleculares dos componentes do ambiente de investigação, com o objetivo de estabelecer conexões e conhecimentos com o uso de analogias trabalhadas no ensino de química. Partindo dessa premissa, as analogias atuam como ferramentas “[...] facilitadoras da transição de conceitos abstratos para o concreto, [...]” (GUIMARÃES; RIBEIRO, 2021, p. 3), assim como os modelos, porém a analogia perpassa o campo da comparação e o modelo da representação, sendo as duas perspectivas direcionadas a compreensão dos conhecimentos e fenômenos científicos (GUIMARÃES; RIBEIRO, 2021).

Para realização do estudo em tela foi necessário o questionamento norteador da pesquisa, definido como: como a prática de modelagem auxilia na construção dos conhecimentos científicos no ensino de química? Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar e analisar uma revisão da literatura acerca do uso das práticas de modelagem no ensino de química.

METODOLOGIA

O estudo em tela apresenta uma pesquisa descritiva, pois descreve os fenômenos e aspectos observados de uma determinada população ou situação, na tentativa de estabelecer relações entre os dados obtidos (PRODANOV; FREITAS, 2013). Além disso, este trabalho contempla a pesquisa bibliográfica, realizada “[...] a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, [...]”, permitindo a obtenção, a análise e a divulgação dos resultados encontrados na literatura (GIL, 2008, p. 50).

Para conhecer e analisar as fontes bibliográficas utilizou-se a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) de Kitchenham (2007), organizada nas seguintes etapas: i. planejamento; ii. condução; e iii. análise e divulgação. Adiante serão detalhadas as concepções da RSL aplicada sob a ótica desta pesquisa.

Desse modo, Kitchenham (2007) descreve que a fase de planejamento relaciona os conceitos e direcionamentos introdutórios para a realização e pré-revisões da pesquisa, “[...] determinando as questões de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, fontes de extração dos dados e a *string* de pesquisa” (LIMA et al., 2021, p. 11), na tentativa de estudar as fontes bibliográficas sob a ótica da RSL. Adiante, elaborou-se os critérios de inclusão e exclusão (quadro 01) com base na questão norteadora para o processo de filtragem nas seguintes bases de dados: Periódicos

CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*. Assim, limitou-se a busca dos materiais acadêmicos entre os anos 2019 e 2023, uma vez que os resultados obtidos serão recentes na literatura.

Quadro 01 - Critérios de inclusão e exclusão utilizados nas bases de dados.

Inclusão	Exclusão
Uso de modelagem no ensino de ciências/química	Práticas de modelagem em outra(s) disciplina(s)
Trabalhos em língua portuguesa	Idiomas antagônicos ao português
Artigos científicos, dissertações e teses	Trabalhos em livros, anais e eventos.
Materiais publicados entre 2019 e 2023	Estudos egressos do recorte temporal
Acesso livre	Obras pagas e repetidas

Fonte: autores (2023).

Por conseguinte, a etapa de condução da RSL estabelece a construção da(s) string(s) embasadas pelo questionamento da pesquisa, por isso, utilizou-se o operador booleano “AND” nos descritores nas bases de dados determinadas neste trabalho (quadro 02), sendo um mecanismo importante na seleção e categorização de materiais acadêmicos postos na literatura. Kitchenham (2007) enfatiza que este momento representa os estudos primários oriundos da seleção (etapa 1), aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (etapa 2) e observação, leitura e interpretação do conteúdo das obras (etapa 3).

Quadro 02 - Organização da RSL.

Strings e descritores	Bases de dados	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
modelagem AND modelos AND ciências AND ensino de química	Periódicos CAPES	20	6	4
	BDTD	64	23	7
	SciELO	1	0	0
	Total	85	29	11

Fonte: autores (2023).

Vale ressaltar que, ao inserir o termo “modelos” na *string* ou no descritores presente no quadro 02, condiz com as concepções de Justi (2015, p. 39) pois o significado sobre a modelagem representa “[...] um processo de produção de modelos”, sendo uma forma de ampliar o campo de busca nas bases de dados investigadas.

Por fim, a etapa de análise e divulgação dos resultados é considerada a fase final da RSL posta neste trabalho, buscando apresentar e analisar os resultados obtidos sob a ótica dos critérios pré-estabelecidos, uma vez que a disseminação dos estudos de revisão amplia os olhares para temáticas (dificilmente) trabalhadas no campo da pesquisa e da academia (KITCHENHAM, 2007). A seguir, serão apresentados e analisados os resultados encontrados no processo de pesquisa nas bases de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A RSL foi originada a partir do seguinte questionamento norteador da pesquisa: “como a prática de modelagem auxilia na construção dos conhecimentos científicos no ensino de química?”, analisando os resultados obtidos sob a ótica dos critérios determinados na etapa 3 (leitura e análise). O quadro 03 a seguir apresenta os autores, níveis de ensino, conteúdos e tipos de modelagem encontrados nas obras, vale ressaltar que o conjunto de dados foi obtido diante do recorte temporal de 2019 a 2023 nas bases de dados Periódicos CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*.

Quadro 03 - Resultados da RSL

Base de dados	Autores	Nível de ensino	Conteúdo	Tipo de modelo
Periódicos CAPES	Almeida e Bossolani-Kill (2019)	Ensino superior - Licenciatura em Química	Enzimas	Desenho e modelo 3D impresso
	Martins et al. (2020)		Interação fármaco-enzima	Estrutura de clips e modelo computacional
	Sá, Moralles e Bego (2021)	Ensino médio - Disciplina química	Modelos atômicos	Desenho
	Cazzanelli, Denardin e Lara (2022)	Ensino fundamental II - Disciplina ciências	Tabela periódica e elementos químicos	Desenho

Base de dados	Autores	Nível de ensino	Conteúdo	Tipo de modelo
BDTD	Santos (2019)	Ensino médio - Disciplina química	Plásticos	Desenho e modelo concreto (moléculas)
	Troes (2019)		Ligações Químicas	Desenho e animações/ simulações
	Souza (2019)		Estados físicos da matéria	Software
	Veltrone (2019)		Combustão	Simuladores
	Lima (2019)		Pesticidas	Desenho, texto e modelo concreto (moléculas)
	Martins (2020)		Plásticos e sociedade	Desenho e modelo concreto (moléculas)
	Sá (2020)		Modelos atômicos	Desenho

Fonte: autores (2023).

Diante dos resultados apresentados no quadro 03, observa-se que as práticas de modelagem perpassam diferentes níveis de ensino e conteúdos da educação básica, trabalhando desenhos, modelos concretos e recursos digitais (softwares, aplicativos ou simuladores) no ensino de química. Com isso, os trabalhos obtidos nas bases de dados serão sintetizados e analisados a seguir.

O estudo desenvolvido por Almeida e Bossolani-Kill (2019) envolveu estudantes do 7º (sétimo) período do curso de Licenciatura em Química, trabalhando o conteúdo de Enzimas sob a ótica das práticas de desenho e de impressão de materiais 3D, uma vez que as estratégias utilizadas visam a assimilação e transposição dos conhecimentos sobre as interações enzimas e substratos, na tentativa de suprir as dificuldades conceituais diante da construção de modelos e aspectos químicos fundamentais. Ortiz, Pessoa e Dorneles (2018) evidenciam que a utilização de tecnologias digitais que proporcionam a representação 3D de átomos, moléculas e substâncias podem auxiliar o entendimento dos modelos científicos pelos estudantes, estimulando as funções cognitivas e a capacidade reflexiva no ambiente virtual (GeoGebra).

Ainda no ensino superior, Martins et al. (2020) analisaram os conceitos e os materiais produzidos pelos estudantes do 5º (quinto) período do curso de

Licenciatura em Química, desenvolvendo uma sequência didática para a compreensão conceitual das interações fármaco-enzima nos sítios ativos de energia, utilizando modelos em estrutura de clips e em sistemas computacionais (software *Molegro Virtual Docker*) para a representação das moléculas em processos reacionais. Diante do apresentado, observa-se que a contextualização de situações investigativas no ensino superior contribui nos processos formativos dos futuros profissionais da educação, tendo em vista a possibilidade de criar relações entre os contextos sociais e culturais dos estudantes, contemplando conseqüentemente os aspectos de várias disciplinas de forma transdisciplinar em atividades criativas (MADRUGA; LIMA, 2021).

Adiante, a pesquisa realizada por Sá, Moralles e Bego (2021) apresenta modelos em desenhos das teorias atomísticas de diversos cientistas (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr), investigando 40 estudantes do 2º ano do ensino médio frente a sequência didática, sendo perceptível a participação ativa na socialização e discussão dos produtos construídos pelos grupos. Este trabalho é um recorte da dissertação de Sá (2020), o qual estudou e analisou os modelos concretos discursivos e pictográficos elaborados, proporcionando a evolução conceitual acerca da natureza do átomo. Ainda, vale ressaltar que ambas as obras pontuam a importância dos momentos de apresentação dos modelos pelas equipes, sendo uma etapa de aprimoramento da argumentação, das hipóteses e da tomada de decisão.

Por conseguinte, Cazzanelli, Denardin e Lara (2022) evidenciam uma prática de modelagem por meio dos desenhos construídos por uma turma de 9º ano do ensino fundamental II, na disciplina de ciências, analisando os elementos químicos da tabela periódica encontrados nos cômodos residenciais dos estudantes, na tentativa de promover atividades de investigação e modelagem em desenho das espécies químicas identificadas nas situações cotidianas e científicas. Com isso, o uso de representações artísticas visuais potencializa a construção do conhecimento em ciência, pois “[...] Os modelos tornam-se vitais para a visualização (imagens visuais) de entidades, relacionamentos, causas e efeitos, nos fenômenos exemplares que ocorrem.” (MERINO et al., 2018, p. 461).

Santos (2019) construiu e implementou três unidades temáticas direcionadas ao conteúdo de química orgânica, especificamente sobre a perspectiva dos plásticos e suas influências na sociedade contemporânea, a fim de estudar e analisar as concepções e os materiais produzidos pelos estudantes do 3º ano do ensino médio. Ainda para a autora, a prática de modelagem propiciou a construção de

desenho sobre as funcionalidades das máquinas de refrigeração de bebidas e, conseqüentemente, a elaboração de macromoléculas – presentes em objetos plásticos – utilizando palitos de dente, bolinhas de isopor e massinhas de modelar. As estratégias de ensino da pesquisa anterior são similares ao trabalho de Martins (2020, p. 290), o qual desenvolveu a partir da temática Plásticos em turmas de 3º ano da última etapa da educação básica, concluindo que as “[...] atividades de ensino fundamentado em modelagem tendem a favorecer a construção de conhecimentos de diferentes natureza: social, científica e sociocientífica.”

O trabalho desenvolvido por Troes (2019) exemplifica o uso de atividades de modelagem para a compreensão das ligações químicas no ensino de química, utilizando desenhos e animações para a representação de substâncias químicas, seus processos de condutividade elétrica e sua relação analógica com situações cotidianas (problemas sociais, finanças, aquisição de produtos e futebol), na tentativa de reduzir as dificuldades de assimilação da complexidade e da abstração dos conceitos estudados por estudantes do 1º ano de ensino médio. Por isso, as adversidades podem ser sanadas a partir das metodologias e da inserção de tecnologias, sendo as animações responsáveis pela compreensão e representação tridimensional de diversas substâncias químicas. Porém esta prática carece de recursos didático-tecnológicos e de infraestrutura adequada para o desenvolvimento das atividades planejadas (ESTEVAM; SILVA; SACRAMENTO, 2020).

Souza (2019) realizou uma pesquisa em duas turmas de 1º ano do ensino médio com a implementação de um curso e projeto de modelagem, integrando técnicas de simulação com os softwares *DynaLearn* e *Dyna web* para a construção dos conceitos e modelos científicos dos estados físicos da matéria. Para o autor, a abordagem utilizada valoriza o protagonismo, o pensamento crítico e criativo dos estudantes, uma vez que as simulações aproximaram e concretizaram os conhecimentos físicos/químicos das transformações da matéria, buscando representar e dinamizar os fenômenos científicos por meio de mapas mentais, ferramentas digitais e diagramas educacionais.

O uso da Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) é observado no estudo de Veltrone (2019), relacionando experimentação, modelagem e simulação no ensino dos modelos atômicos e dos processos reacionais no conteúdo de combustão, perpassando duas turmas (uma de 2ª ano e outra multisseriada de 1º, 2º e 3º ano) com atividades realizadas nos laboratórios de informática da instituição *lócus* da pesquisa. O autor utiliza *softwares* da plataforma *Physics Educacional*

Technology (PhET) e o aplicativo QuimicAr (ferramenta de realidade aumentada) que oferecem gratuitamente diversas simulações, discriminando os simuladores direcionados a construção, a visualização e ao balanceamento de moléculas e reações químicas, potencializando o entendimento conceitual, representacional e simbólico das estruturas químicas, sendo os recursos digitais possibilitadores de interações entre os estudantes e os conhecimentos assimilados.

Por conseguinte, Lima (2019) realiza um estudo em uma turma de 3º ano do ensino médio com a Sequência Didática (SD) denominada “Agroquímicos”, esclarecendo a natureza, as funcionalidades e os malefícios das substâncias químicas utilizadas no gerenciamento de áreas de produção agrícola, propondo ao final de cada etapa modelos e analogias para a assimilação dos conhecimentos. A pesquisa promoveu a elaboração de moléculas/pesticidas em desenhos e com palitos de dente e bolinhas de isopor, bem como a escrita de um texto referente ao combate do *Aedes aegypti*, uma vez que as práticas potencializam “[...] o desenvolvimento das capacidades dos estudantes de interpretar, discutir e concluir sobre os dados referentes à composição dos agroquímicos e dos óleos essenciais, sua volatilidade, solubilidade, persistência e intervalo de segurança.” (LIMA, 2019, p. 160).

Assim, é perceptível a criação e a promoção de modelos científicos (desenhos, simuladores, animações, textos) em química e em diferentes níveis de ensino, contemplando os saberes conceituais, críticos e criativos dos sujeitos envolvidos nos contextos de aprendizagem, na tentativa de promover práticas diversificadas e significativas e aprimoramento das funções cognitivas.

CONCLUSÃO

Diante das pesquisas teóricas realizadas, observa-se que a conceituação, construção e implementação de práticas de modelagem no ensino de ciências/química são recentes e incipientes na literatura brasileira, sendo uma abordagem dificilmente vista em trabalhos acadêmicos, desconsiderando assim as contribuições conceituais e simbólicas dos modelos didáticos elaborados e direcionadas à assimilação do conhecimento. Dessa forma, torna-se necessária a representação concreta do universo microscópico da constituição da matéria (átomos, moléculas e ligações químicas), pois acessibiliza a compreensão de fenômenos e conceitos científicos diante do planejamento de momentos educacionais significativos.

Ao desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura sobre o uso da modelagem no ensino de química, encontrou-se um conjunto de 11 materiais acadêmicos (incluindo artigos, dissertações e teses) obtidos diante dos critérios de inclusão e exclusão postos nas seguintes bases de dados: Periódicos CAPES, BTDT e **SciELO**. Com isso, os resultados mostraram que a construção e aplicação de modelos científicos envolvem recursos concretos (desenhos, moléculas com materiais alternativos, textos,...) e ferramentas digitais (animações e simulações), possibilitando atividades pedagógicas diversificadas na disciplina de química, aprimorando os conceitos assimilados em ambientes de aprendizagem personalizados. Além disso, pode-se inferir que a ausência de estudos com o foco em práticas de modelagem seja diante de um déficit na formação de professores, na organização e aquisição de recursos didáticos e na avaliação empírica dos modelos construídos pelos estudantes.

Acredita-se que esta pesquisa possa contribuir e ampliar as discussões na área de ciências da natureza com o estudo e a utilização de diferentes modelos didáticos, uma vez que apresenta uma síntese dos trabalhos presentes na literatura brasileira, a fim de propiciar o desenvolvimento de atividades diversificadas para a promoção de um ensino dinâmico e de qualidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. B; SANGIOGO, F. A; PASTORIZA, B. S. Dificuldades no ensino e na aprendizagem de química orgânica do ensino superior - estudo de caso em duas universidades federais. **Química Nova**, v. 44, n. 6, p. 773-782, 2021.

ALMEIDA, J. F.; BOSSOLANI-KIILL, K. Modelagem tridimensional: reflexões de futuros professores de química para o ensino e aprendizagem da interação enzima-substrato. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 282-304, 2019. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1488>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ALMEIDA, L. M. W. de; SILVA, K. A. P. da. Ciclo de modelagem matemática interpretado à luz de estratégias heurísticas dos alunos. **REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 1-27, 2021. Disponível em: <https://>

revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2936. Acesso em: 09 nov. 2023.

BARBOSA, F. M. Esportes de aventura no ensino remoto: experiências com metodologias ativas em aulas de Educação Física. **Motrivivência**, [S. l.], v. 35, n. 66, p. 1–18, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/motrivivencia/article/view/90488>. Acesso em: 09 nov. 2023.

BORDES, C. L. S.; RODRIGUES, C. G. Proposta de modelos experimentais construídos com materiais de baixo custo para o ensino de ciências em temas de astronomia. **Revista Educação e Linguagens**, Campo Mourão, v. 11, n. 22, p. 403-422, jul./dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 7 set. 2023.

CAZZANELLI, P.; DENARDIN, L.; LARA, I. C. M. de. Elementos Químicos e a Modelagem: uma proposta de ensino a partir de visitas virtuais a museus durante o ensino remoto. **Revista Ciências & Ideias**, v. 13, n. 3, p. 210-229, 2022.

DIAS, R. F. Habitando desenhos: uma experiência de ensino em arte sobre o espaço cotidiano. **Revista Apotheke**, Florianópolis, v. 7, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/apotheke/article/view/20428>. Acesso em: 10 nov. 2023.

ESTEVAM, I. H. S.; SILVA, E. F. R.; SACRAMENTO, A. P. dos S. Elaboração e uso de animações como estratégia para o ensino de mecanismos das reações orgânicas. **Química Nova**, v. 43, n. 8, p. 1154-1162, 2020.

FORNER, R. **Modelagem matemática e o legado de paulo freire**: relações que se estabelecem com o currículo. 2018. 200f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo, SP: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, R. A. P.; RIBEIRO, M. T. D. Química com analogias: o estudo da viabilidade de um guia didático, a partir de reflexões docentes. **Revista REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, e21012, jan./abr., 2021

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 31-48, nov., 2015.

KITCHENHAM, B. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. In: **EBSE Technical Report**. School of Computer Science and Mathematics, Keele University, 2007

LIMA, A. M. **Análise do desenvolvimento de aprendizagens nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal em uma sequência didática sobre o uso de agroquímicos fundamentada na modelagem analógica**. 2019. 201f. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Mariana, 2019.

LIMA, W. V. C. et al. de Uma revisão sistemática da literatura sobre atividades educacionais de realidade aumentada do ensino de ciências da natureza. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, [S. l.], n. 29, p. e1, 2021. Disponível em: <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1421>. Acesso em: 02 out. 2023.

MADRUGA, Z. E. de F.; LIMA, V. M. do R. Aprender com modelagem: expressão de diferentes profissionais em seus processos criativos. **Revista Cocar**, v. 15, n. 31, p. 1-21, 2021.

MALHEIROS, A. P. dos S. Contribuições de Paulo Freire para uma compreensão do trabalho com a modelagem na formação inicial de professores de matemática. **BOLETIM GEPEM**, n. 64, jan./jun., 2014.

MALHEIROS, A. P. dos S. SOUZA, L. B. FORNER, R. Olhares de docentes sobre as possibilidades da Modelagem nas aulas de Matemática. **REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 12, p. 1-22, 2021.

MARTINS, D. et al. O papel dos modelos computacionais e das analogias na aprendizagem do processo de interação fármaco-enzima no ensino fundamentado em modelagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 20, n. u, p. 823–854, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/20866>. Acesso em: 03 nov. 2023.

MARTINS, M. R. **Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula**: um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico. 2020. 339f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Educação, Belo Horizonte, 2020.

MAURI, S., et al. Confecção de maquetes geológicas: o exemplo da Serra do Caparaó (Minas Gerais e Espírito Santo, Brasil). **Revista Terræ Didática**, v. 17 (publ. contínua), p. 1-8, e021002, 4 jan., 2021.

MELO, M. R. M.; LIMA NETO, E. G de. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MERINO, C. et al. O ensino do modelo atômico de Borh em livros texto e uma nova proposta com realidade aumentada para promover a visualização. **RBECT - Revista Brasileira Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 459-477, mai./ago. 2018.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Modelagem analógica no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 155-182, abr., 2018.

MUNHOZ, K. G.; BUENO, B. S. Uso de maquetes no ensino de física: uma experiência metodológica eficiente na construção de aprendizagens significativas. **Eventos**

Pedagógicos, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 300-310, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rebs/article/view/9624>. Acesso em: 09 nov. 2023.

ORTIZ, J. O. de S.; PESSOA, W. D.; DORNELES, A. M. Uso de recursos digitais 3D no ensino de química: as potencialidades do Geogebra®. **RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, [S. l.], v. 4, 2018. Disponível em: <https://periodicos.claec.org/index.php/relacult/article/view/710>. Acesso em: 04 nov. 2023.

PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B.. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, out. 2014.

PÉREZ, G. M.; GALINDO, A. A. G.; GALLI, L. G. Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 15, n. 2, 2102, 2018.

PRODANOV, C. C. FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

SÁ, C. R. A. de; MORALLES, V. A.; BEGO, A. M. Modelo atômico de Thomson e o Ensino Fundamentado em Modelagem: uma intervenção no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 1-24, 2021. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2942>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SÁ, C. R. A. de. **A implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre modelos atômicos no Ensino Médio: desafios e potencialidades do ensino fundamentado em modelagem**. 2020. 217f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2020.

SANTOS, M. A. R. dos. **Compreendendo visões de estudantes sobre ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos**

cotidiano, científico e sociocientífico. 2019. 261f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2019.

SILVA, I. G. da; BRITTO, P. E. de; ROTTA, J. C. G. Astronomia e elaboração de história em quadrinhos: uma proposta para o ensino de Ciências. **Revista Práxis**, v. 13, n. 1 sup, p. 115-128, 2021.

SILVA, M. J. de C.; COSTA, M. F.; SANTOS, M. F. dos. Modelos didáticos do DNA como estratégia para o ensino de genética em uma escola do campo. **Revista Prática Docente**, v. 8, n. 1, e23017, 2023.

SOUZA, P. V. T. de. **Modelos de simulação qualitativos como estratégia para o ensino de Ciências.** 2019. 285 f., il. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

TROES, F. **Modelagem no ensino de ciências:** uma análise no estudo de ligações iônicas. 2019. 127f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Caxias do Sul, 2019.

VELTRONE, L. A. **O elo entre experimentação e simulações virtuais no ensino de química.** 2019. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.