



## ESTRATÉGIAS UTILIZADAS NOS ÚLTIMOS DEZ ANOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana C. Fradique de Lyra<sup>1</sup>, Maria Célia Tavares<sup>2</sup>.

*1 Instituto Federal de Alagoas - Campus Santana do Ipanema - Rod. AL-130 1609, Santana do Ipanema, AL*

*2 Instituto Federal de Alagoas - Campus Arapiraca - Rod. Estadual Al 110, S/N, Arapiraca, AL,*

**Palavras-Chave:** Ensino de Química, Estratégias pedagógicas, Moléculas 3D.

### Introdução

Nos últimos anos, houve significativos avanços na educação em química, impulsionando a esforços para desenvolver métodos alternativos de ensino alternativos e materiais didáticos, especialmente para conteúdos que demandam elevado grau de abstração. Profissionais da área estão cada vez mais comprometidos com a reformulação do ensino da química, buscando tornar os conceitos mais acessíveis, o que tem resultado na ampliação das estratégias pedagógicas adotadas (MENEZES et al., 2016). A geometria molecular se destaca entre os temas químicos que requerem abordagens de ensino não convencionais, dada a necessidade de desenvolver habilidades espaciais e de raciocínio tridimensional, exigindo alto grau de abstração para sua compreensão plena (OLIVEIRA et al., 2024).

O conceito de geometria molecular foi introduzido por van't Hoff e le Bel em 1874 quando propuseram que as ligações de valência do carbono formassem um tetraedro, e foi posteriormente estendido por Werner, que propôs arranjos octaédricos e outros poliedros regulares para complexos inorgânicos. Contudo, a predição da geometria molecular envolve uma discussão detalhada da estrutura das moléculas e cristais em termos de distâncias interatômicas e ângulos de ligação, estabilidade energética e rotações possíveis para interações (PAULING, 1964). A regra do octeto e o modelo VSEPR (Valence Shell Electron Pair Repulsion) influenciaram nas previsões e variações estruturais com base na distribuição de elétrons no tamanho dos átomos e esses conceitos e modelos funcionaram como pré-requisitos para a geometria molecular, que foram facilmente aceitos pela comunidade científica devido à facilidade em descrever e fazer compreender as abstrações existentes (LEVY & HARGITAI, 1998). Assim, conhecer as ligações químicas, o método VSEPR, a estrutura de Lewis e a minimização das repulsões elétron-elétrons é crucial para prever a geometria das moléculas (WINTER, 2016). Isso significa que, no aprendizado deste conteúdo, o nível de abstração necessário é também o resultado de um processo lógico construído gradualmente com os conteúdos pré-requisitos.

De modo geral, para melhor compreensão do conteúdo de geometria molecular, considera-se como base da aprendizagem, o desenvolvimento da abstração e do pensamento 3D, pois aprimora as habilidades espaciais dos alunos e facilita previsões precisas das estruturas moleculares. Esse entendimento é apoiado por vários estudos que destacam a importância do raciocínio visual e analítico na compreensão de conceitos moleculares complexos (SILVA & FONSECA, 2021, KIERNAN et al., 2021). Nesse sentido, buscando sanar as lacunas de conhecimento e as barreiras de abstração encontradas no processo de ensino-aprendizagem de geometria molecular, diferentes estratégias têm sido propostas em sala de aula, visando o

desenvolvimento de habilidades espaciais e raciocínio visual nos alunos, que permitem compreender melhor a estrutura e a geometria das moléculas.

A utilização de metodologias diversificadas, incorporando manipulação de materiais, atividades experimentais, realidade aumentada, softwares e jogos didáticos são importantes para a assimilação de conceitos em química e contribuem para o processo de ensino-aprendizagem. No que se refere à compreensão da geometria molecular, destacam-se metodologias de sequências didáticas (FERREIRA & AFONSO, 2021), criação ou manipulação de modelos moleculares físicos (MENEZES et al., 2016), utilização de softwares (LEVY et al., 2024) e jogos didáticos (SILVA & SOARES, 2021), que objetivam melhorar as habilidades de abstração e espaciais, o raciocínio visuoespacial e aprendizagem do conteúdo. Embora o foco no pensamento e na abstração 3D seja essencial, também é importante reconhecer que nem todos os alunos podem se beneficiar igualmente desses métodos, indicando a necessidade de estratégias educacionais personalizadas para apoiar diversos estilos de aprendizagem. Além disso, é necessário alinhar a prática pedagógica com as demandas atuais de tempo e carga horária da disciplina, uso de tecnologias e inclusão social.

Nesse contexto, uma revisão da literatura acerca dessa temática pode indicar as diferentes estratégias implementadas, as principais dificuldades encontradas, limitações, vantagens e acessibilidade aos recursos tecnológicos e didáticos. Além disso, é importante para avaliar e trazer um panorama de como os conceitos, símbolos e significados químicos estão inseridos nessas estratégias, visando consolidar conhecimento existente, identificar áreas que necessitam de mais investigação, e fornecer uma base para a implementação de práticas pedagógicas que melhorem a compreensão e participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de geometria molecular. Dessa forma, esse trabalho pretende realizar uma análise de vinte trabalhos disponíveis na literatura entre 2014 e 2024 acerca de estratégias para o ensino de geometria molecular e suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem.

## Material e Métodos

A pesquisa desenvolvida foi bibliográfica e qualitativa, com foco no produto; os dados coletados são descritivos e a análise de dados segue um processo indutivo (ROCHA, 2021). Foram selecionados 20 trabalhos (nacionais e internacionais) pelos critérios da temática e período de publicação (2014-2024) (Tabela 1), analisados individualmente. Foram extraídas informações sobre ensino-aprendizagem de geometria molecular, tipo de material utilizado, o período de desenvolvimento de atividade, público alvo, dificuldades e conclusões. Segundo Creswell (2014), estudos qualitativos são relevantes e adequados às pesquisas sociais e educativas. Sob esta ótica, os resultados foram sistematizados para apresentar evidências e contribuições educativas.

Tabela 1: Trabalhos selecionados e analisados nesta revisão.

Autores	Título
<b>2024</b>	
KIERNAN et al.	Resources for reasoning of chemistry concepts: multimodal molecular geometry
OLIVEIRA et al.	Ensino de geometria molecular utilizando software: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa
LEVY et al.	MolecularAR: An Augmented Reality Application for Understanding 3D Geometry
PAES E YAMAGUCHI	O uso do aplicativo Molecular Geometry no ensino de química
<b>2023</b>	

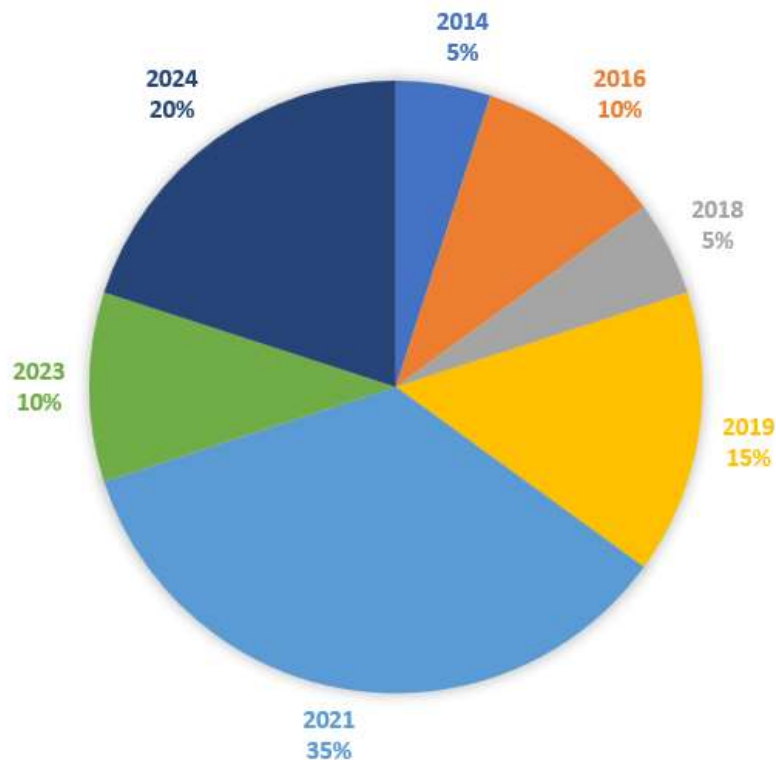


LIMA et al.	Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática
JESUS E NUNES	Construindo aprendizagens por meio de uma Sequência Didática: uma experiência no ensino de Geometria Molecular
<b>2021</b>	
BROWN et al.	Visualizing molecular structures and shapes: a comparison of virtual reality, computer simulation, and traditional modeling
KIERNAN et al.	The role of visuospatial thinking in students' predictions of molecular geometry
ALVES et al.	Uso do aplicativo “moléculas” para o ensino de geometria molecular: uma abordagem na perspectiva do mobile learning
SILVA E FONSECA	Neurociência e educação: estratégias multissensoriais para a geometria molecular
MARCHAK et al.	Crafting Molecular Geometries: Implications of Neuro-Pedagogy for Teaching Chemical Content
FERREIRA E AFONSO	Sequência didática interdisciplinar para o estudo de geometria molecular
SILVA E SOARES	GeomeQuímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de geometria molecular
<b>2019</b>	
SETTI et al.	Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo
SANTOS E CIRINO	Ensino de Geometria Molecular com app de simulação digital: possíveis contribuições para uma aprendizagem significativa
MANFIO	Utilização e avaliação de software para geometria
<b>2018</b>	
MARTINS et al.	Avaliação didática dos materiais alternativos no conteúdo de geometria molecular: Uma proposta para o ensino de química
<b>2016</b>	
SILVA	Geometria molecular: elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática envolvendo o lúdico
MENEZES et al.	O ensino de geometria molecular com materiais de baixo custo
<b>2014</b>	
RIGHES E WINCK	O ensino de geometria molecular mediado pelas tecnologias de informação e comunicação

## Resultados e Discussão

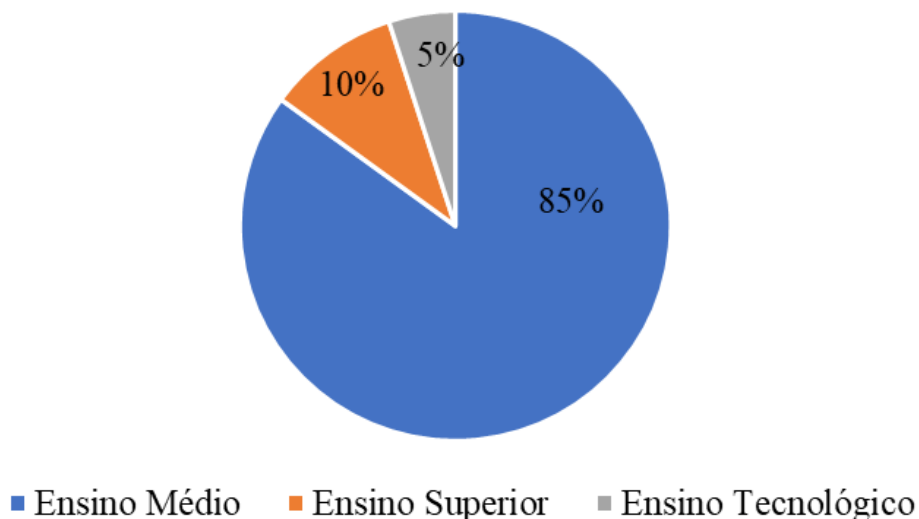
Dada a importância da geometria molecular e as dificuldades de ensino, este estudo destaca as principais estratégias utilizadas por professores para superar esses desafios. Dentre os 20 trabalhos selecionados (Tabela 1), observou-se que 65% foram publicados entre 2021 e 2024 (Figura 1). Isso pode significar que, embora o uso de metodologias diversificadas para o ensino de geometria não seja uma novidade para esta década, o crescente número de trabalhos, pode ser justificado pelas demandas de ensino durante e após a pandemia da COVID-19 com adaptações metodológicas, mas também com a preocupação atual em encontrar alternativas para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e atrativo para estudantes cada vez mais envolvidos com atividades do mundo tecnológico.

Figura 1: Porcentagem de trabalhos selecionados por ano de publicação



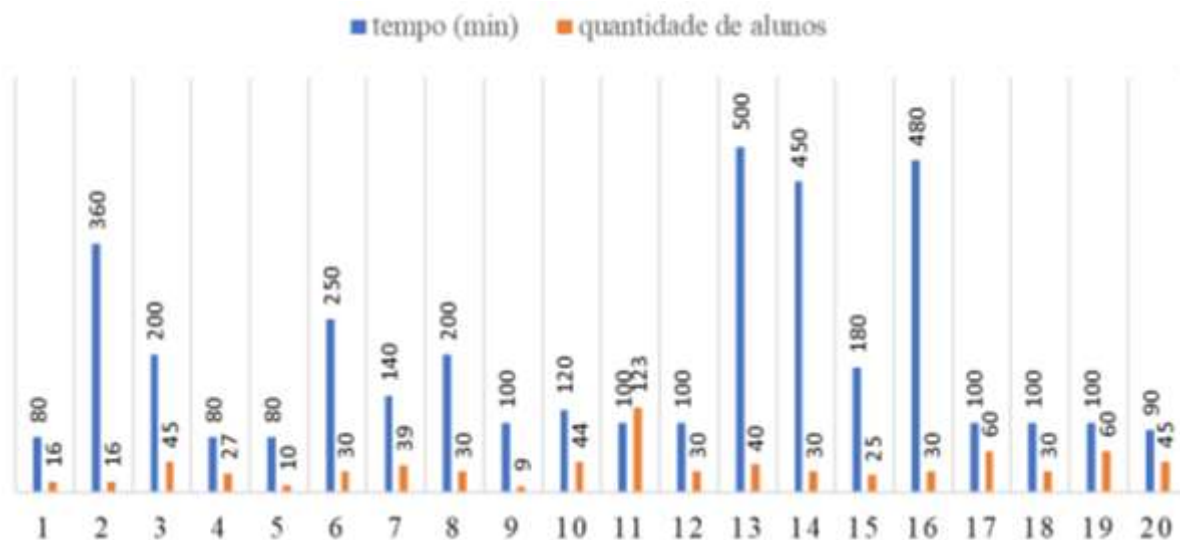
Quanto ao público alvo, 739 estudantes (entre 9 e 123 por estratégia) foram envolvidos, dos quais 85% eram estudantes do ensino médio (Figura 2). Esse resultado reflete a preocupação dos professores da Educação Básica em transformar o processo de ensino-aprendizagem com base na construção do conhecimento e não apenas na memorização de estruturas e conceitos, além de buscar facilitar a assimilação do conteúdo e mitigar as dificuldades dos estudantes quanto a visualização de estruturas tridimensionais.

Figura 2: Público alvo dos trabalhos selecionados



A duração das aulas é um fator importante na aplicação de estratégias alternativas ao modelo tradicional para geometria molecular e no desenvolvimento da visão espacial dos estudantes. Nas escolas brasileiras de nível médio, as aulas têm duração média de 45 minutos e a disciplina de química tem 2 h/a por semana, o que torna uma limitação para a aplicação de algumas atividades pedagógicas que necessitam de organização da turma, distribuição e manipulação de materiais, explicação de regras, entre outras. As estratégias de ensino apresentadas nos artigos analisados tiveram entre 80 e 500 minutos de duração, conforme o gráfico da Figura 3. Essa variação é justificada pela heterogeneidade das estratégias e do público, com destaque para quatro estratégias em que as atividades tiveram maior carga horária (360 a 500 min) devido à utilização de horários no contraturno dos estudantes e sábados letivos, empregando sequências didáticas que envolveram, majoritariamente, aula expositiva e dialogada, analogias, construção de modelos manipuláveis, quiz, jogos, apresentação dos modelos construídos pelos estudantes, questionários pré e pós-atividades.

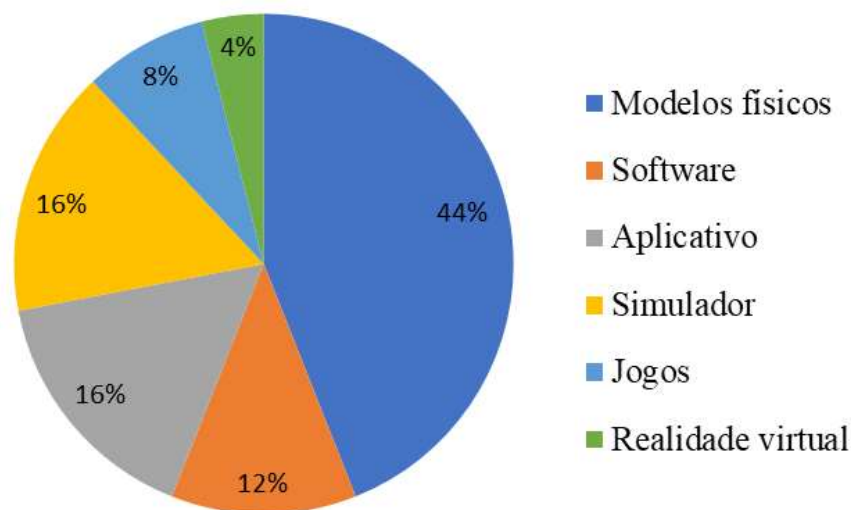
Figura 3: Quantidade de alunos e tempo de duração da atividade em cada um dos trabalhos selecionados



Com base no gráfico da Figura 4, verifica-se que aproximadamente 50% das estratégias usou modelos físicos, tais como modelos prontos, mas também construídos com massas de modelar, jujubas, balões de aniversário, bolas de isopor, balas de goma, garrafas pet, palitos, hastes, alfinetes e conduítes elétricos. Além disso, desenvolveram também jogos didáticos físicos, como dominó e jogo de tabuleiro. Por meio da criação e montagem de modelos e jogos físicos, os estudantes podem visualizar e manipular diretamente as disposições espaciais dos átomos, facilitando a compreensão das ligações químicas e dos ângulos entre os átomos, consequentemente da geometria. Como mencionado, a barreira do nível de abstração inerente à química, especialmente no estudo deste conteúdo, é reduzida quando os alunos podem experimentar fisicamente as formas e ângulos que definem as moléculas, fortalecendo o aprendizado e promovendo uma assimilação mais intuitiva dos conceitos teóricos.

A construção de modelos físicos tem limitações, como a imprecisão em representar moléculas complexas ou de grande escala, o custo e demanda de tempo para construção. Além disso, uma vez feitos, esses modelos não podem ser facilmente modificados para mostrar diferentes perspectivas ou transformações, o que limita a exploração dos alunos, reutilização e transporte. No contexto atual, voltado à tecnologia, os modelos físicos não oferecem a interatividade e dinamismo dos modelos virtuais, o que pode tornar o aprendizado menos atrativo para alguns estudantes.

Figura 4: Estratégias utilizadas nos trabalhos analisados para melhorar o ensino de geometria molecular



Observa-se que os outros 50% dos trabalhos estudados fizeram uso da tecnologia da informação, por meio do uso de softwares (ELAN, 3D, Avogadro), diferentes aplicativos (molecular geometry, molecularAR, moléculas 3D), simuladores (PhET, ChemED DL) e da realidade virtual (VR). É notório que a tecnologia é objeto transformador do ensino-aprendizagem em qualquer área educacional. As ferramentas digitais utilizadas pelos autores nos artigos analisados, permitem que os alunos explorem conceitos geométricos de maneira dinâmica e visual, o que facilita a compreensão e entendimento das formas espaciais, permitindo que os estudantes observem diferentes perspectivas e interajam com conceitos abstratos de forma mais concreta.

Apesar de apresentar vantagens para o ensino-aprendizagem, tornando as aulas mais envolventes e dinâmicas, um dos principais desafios apresentados pelos autores para aplicar novas metodologias usando a tecnologia da informação é o acesso desigual à tecnologia que pode criar disparidades no aprendizado, onde estudantes sem acesso adequado a dispositivos ou internet de qualidade podem ser prejudicados. Muitas vezes, inclusive, o educador deixa de desenvolver novos métodos de ensino com os estudantes por não ter acesso a computadores e internet. A instituição deve fornecer o aparato tecnológico necessário aos estudantes. No entanto, sem orientação adequada, a tecnologia pode desviar o foco do aprendizado, fazendo com que os alunos se concentrem mais na manipulação das ferramentas do que na compreensão dos conceitos estudados.

As principais moléculas exploradas nas atividades incluem  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $NF_3$ ,  $BF_3$ ,  $PF_3$ ,  $NH_3$ ,  $PCl_5$ ,  $SF_6$ ,  $CH_4$ ,  $BeCl_2$ ,  $HCl$ ,  $SiCl_4$ ,  $CS_2$ ,  $CHCl_3$ ,  $CH_2O$ ,  $CH_3OH$ , ácido ascórbico, eugenol e paracetamol. Ou seja, de modo geral e na maioria dos trabalhos o conteúdo é explorado com moléculas inorgânicas, simples e no 1º Ano do Ensino Médio. Embora a limitação de recursos justifique a escolha de exemplos mais concretos, muitas estratégias apresentam falhas químicas conceituais, como cores idênticas para átomos diferentes, ligações com tamanhos variados, ausência de pares de elétrons não ligantes e ângulos incorretos (Figura 5 e 6). Além disso, a proposta 3D nem sempre é atingida, já que muitas representações não permitem manipulação sem perder a geometria. Essas limitações são, em grande parte, resolvidas com o uso de aplicativos e simuladores, que oferecem maior rigor científico para o ensino de geometria molecular.

Figura 5: Imagens de modelos físicos construídos no trabalho publicado por Jesus e Nunes (2023) com falhas químicas conceituais

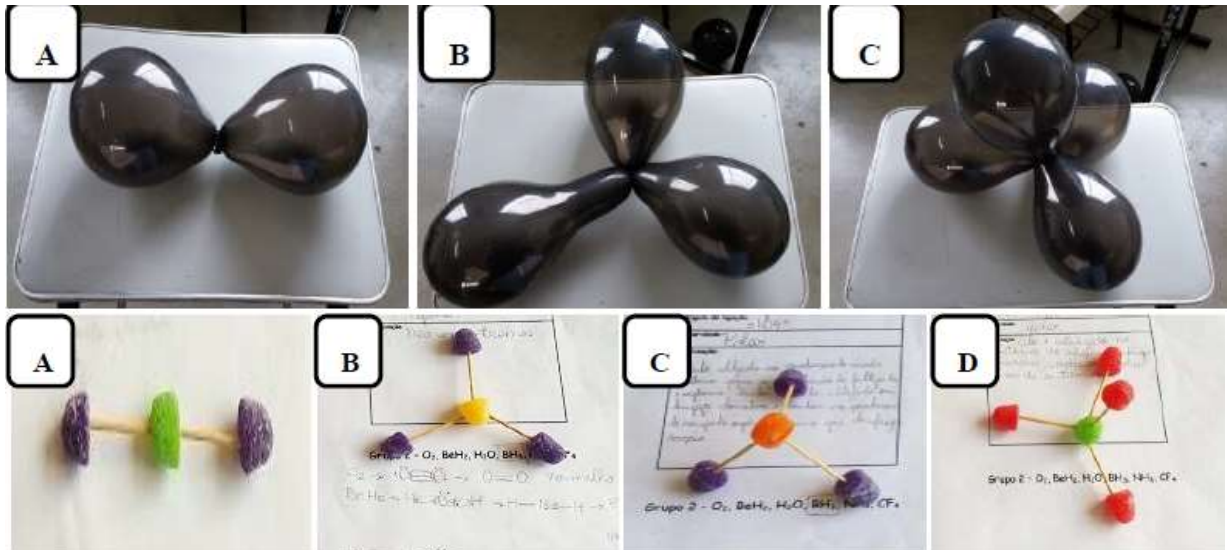
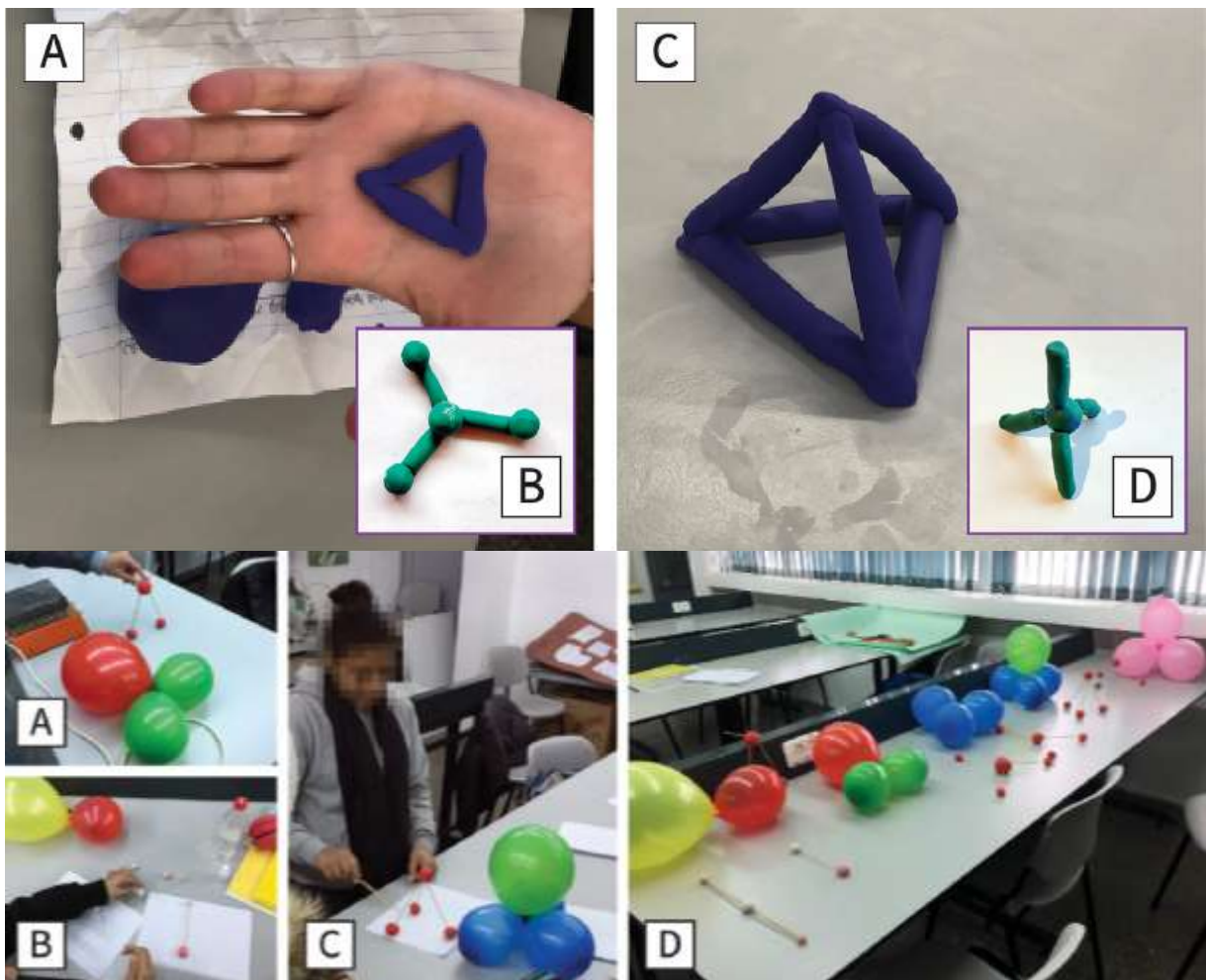


Figura 6: Imagens de modelos físicos construídos no trabalho publicado por Marchak e colaboradores (2021) com falhas químicas conceituais



Quanto aos resultados medidos pelos docentes em cada estratégia, observou-se, majoritariamente, preocupação com melhoria de notas em uma avaliação posterior a aplicação da atividade. Entretanto, vale ressaltar que o processo de ensino-aprendizagem é complexo e o impacto dessas atividades vai além de aspectos quantitativos. O principal objetivo deve ser engajar os estudantes, trazendo novas abordagens para a sala de aula que estimulem o interesse e desenvolvam uma variedade de habilidades, que vão desde habilidades digitais, manipulação de ferramentas e materiais, e a capacidade de pensar de forma crítica e criativa, o trabalho em equipe, a compreensão de regras (para jogos), entre outras. Dessa maneira, o aprendizado se torna mais significativo e prepara os estudantes para os desafios do mundo real, onde a adaptabilidade e a habilidade de pensar de maneira independente são tão importantes quanto o conhecimento teórico.

### Conclusões

Dada a importância da geometria molecular e as dificuldades de ensino, o estudo destaca estratégias usadas por docentes para superar esses desafios. Dos 20 trabalhos analisados, 65% foram publicados entre 2021 e 2024, sugerindo que a pandemia de COVID-19 influenciou a busca por alternativas dinâmicas e tecnológicas para o ensino. Participaram 739 alunos, dos quais 85% eram do ensino médio, refletindo o interesse dos professores da educação básica em facilitar a visualização de estruturas tridimensionais.

A duração das atividades variou entre 80 e 500 minutos, com estratégias adaptadas ao tempo limitado nas escolas. Cerca de 50% dos estudos usaram modelos físicos, como massas de modelar e balões, que ajudam na compreensão de ângulos e ligações, mas enfrentam limitações como a dificuldade de modificação e transporte. O uso de ferramentas digitais, como simuladores e softwares 3D, mostrou-se mais interativo e preciso, permitindo maior exploração de conceitos geométricos.

Contudo, o acesso desigual à tecnologia e a falta de infraestrutura são obstáculos para a aplicação dessas ferramentas. Além disso, a orientação adequada é essencial para garantir que o foco permaneça na compreensão dos conceitos, e não apenas na manipulação das ferramentas. O uso de moléculas simples, em sua maioria inorgânicas, é comum no 1º ano do ensino médio, mas alguns trabalhos apresentaram falhas conceituais que podem ser corrigidas com o uso de aplicativos e simuladores. Embora a avaliação quantitativa seja considerada, o principal objetivo dos trabalhos é engajar os alunos, estimulando habilidades diversas e tornando o aprendizado mais significativo para prepará-los para os desafios do mundo real.

### Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL) pelo apoio como instituição de fomento para a divulgação deste trabalho.

### Referências

Alves, B. X. P., Pontes, L. F. B. L., Lima-Júnior, C. G. Uso do aplicativo “moléculas” para o ensino de geometria molecular: uma abordagem na perspectiva do mobile learning. *Scientia Naturalis*, 3(4), 1576-1586, 2021.

Brown, C. E.; Alrmony, D.; Williams, M. K.; Whaley, B.; Hyslop, R. M. Visualizing molecular structures and shapes: a comparison of virtual reality, computer simulation, and traditional modeling. *Chemistry teacher international*, 3(1), 69-80, 2021.

Creswell, J. W. Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens. **Tradução de Sandra Mallmann da Rosa**. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.





Ferreira, A. L. A. F.; Afonso, A. F. Sequência didática interdisciplinar para o estudo de geometria molecular interdisciplinary didactic strategy for the study of molecular geometry. **Revista Debates em Ensino de Química**, 7(3), 89-101, 2021.

Jesus, W. O.; Nunes, S. M. T. Construindo aprendizagens por meio de uma Sequência Didática: uma experiência no ensino de Geometria Molecular. **Revista Insignare Scientia**, 6(2), 274-297, 2023.

Kiernan, N. A.; Manches, A.; Seery, M. K. Resources for reasoning of chemistry concepts: multimodal molecular geometry†. **Chemistry Education Research and Practice**, 25, 524-543, 2024.

Kiernan, N. A.; Manches, A.; SEERY, M. K. The role of visuospatial thinking in students' predictions of molecular geometry. **Chemistry Education Research and Practice**, 22(3), 626-639, 2021.

Levy, J. B. Hargittai, I. Molecular geometry: bridging qualitative modeling and accurate computations. A comparative study of simple nitrogen and phosphorus derivatives. **J. of Molecular Structure: THEOCHEM**, 454, 127-134, 1998.

Levy, J.; Chagunda, I. C.; Iosub, V.; Leitch, D. C.; Mcindoe, J. S. MolecularAR: An Augmented Reality Application for Understanding 3D Geometry. **Journal of Chemical Education**, 101(6), 2533-2539, 2024.

Lima, R. P. W.; Figueiredo, L. G.; Machado, S. G.; Filho, E. A. S. Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática. **Química Nova na Escola**, 46(2), 81-88, 2024.

Manfio, R. F. Utilização e avaliação de software para geometria molecular no ensino médio. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina. 2019.

Marchak, D.; Shvarts-serebro, I.; Blonder, R.. Crafting Molecular Geometries: Implications of Neuro-Pedagogy for Teaching Chemical Content. **Journal of Chemical Education**, 98(4), 1321-1327, 2021.

Martins, M. G., Freitas, G. F. G., Vasconcelos, P. H. M. Avaliação didática dos materiais alternativos no conteúdo de geometria molecular: uma proposta para o ensino de química. **Rede química**, 4(1), 130-148, 2018.

Menezes, F. L.; Silva, S. B.; Menezes, S.C.; Silva, D. S. O Ensino de Geometria Molecular com Materiais de Baixo Custo. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, 10(4), 2016.

Oliveira, A. A.; Guimarães, A. R.; Vianna, C. A. F. J. Ensino de geometria molecular utilizando software: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Ciências & Ideias**, 15, 1-16, 2024.

Paes, A. P. S. G.; Yamaguchi, K. K. L. O uso do aplicativo Molecular Geometry no ensino de química. **Revista EDaPECI**, 24(2), 137-151, 2024.

Pauling, L. The architecture of molecules. **Centennial: second scientific session**, 51, 1964.

Riches, P. W., Winck, A. T. O ensino de geometria molecular mediado pelas tecnologias de informação e comunicação. 2014.

Rocha, N. M.; Vasconcelos, A. K. P.; Filho, V. T. N.; Sampaio, C. G.; Barroso, M. C. S. A realidade aumentada como recurso auxiliar para a aprendizagem significativa de geometria molecular. **Research, Society and Development**, 10(10), 1-6, 2021.

Santos, A. C. L.; Cirino, M. M. Ensino de Geometria Molecular com app de simulação digital possíveis contribuições para uma aprendizagem significativa. **Ensino e Multidisciplinaridade**, 5(2), 36-52, 2019.

Setti, G. O., Gibbin, G. B., Ferreira, L. H. Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo. **Experiências em Ensino de Ciências**, 14(2), 542-557, 2019.



63º Congresso Brasileiro de Química  
05 a 08 de novembro de 2024  
Salvador - BA

Silva, A. P. M. Geometria molecular: elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática envolvendo o lúdico. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense. 2016.

Silva, C. S.; Soares, M. H. F. B. GeomeQuímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de geometria molecular. **Química Nova na Escola**, 43(4), 2021.

Silva, K. S.; Fonseca, L. S. Neurociência e educação: Estratégias multissensoriais para a aprendizagem de geometria molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**, 26(1), 1–26, 2021.

Winter, M. J. Molecular geometry: VSEPR. **Chemical Bonding**, 2023.