ISSN: 2358-8829

GEOMETRIA MOLECULAR EM 3D: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENTRE QUÍMICA, FÍSICA E MATEMÁTICA PARA A VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DE MOLÉCULAS

Rubens Rodrigues Teles [1]
Amanda Silva Pereira [2]
Marcílio Máximo da Silva [3]

INTRODUÇÃO

A geometria molecular ocupa posição central no currículo de Química da educação básica, pois dela dependem a previsão da polaridade das moléculas, a natureza das forças intermoleculares e, consequentemente, propriedades como solubilidade e temperaturas de fusão e ebulição. Entretanto, trata-se de um conteúdo tridimensional ensinado, em geral, por meio de representações bidimensionais. Johnstone (1991) já apontava que parte da dificuldade de aprender Química decorre da necessidade de transitar entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, sendo o nível submicroscópico o mais abstrato para o estudante.

No caso da geometria e da polaridade, Furió e Calatayud (1996) identificaram que estudantes frequentemente inferem a polaridade de uma molécula apenas a partir da diferença de eletronegatividade entre os átomos, desconsiderando o arranjo espacial das ligações. Superar essa dificuldade exige mobilizar, ao mesmo tempo, conhecimentos de sólidos geométricos (Matemática), de soma vetorial de dipolos (Física) e de distribuição espacial dos pares eletrônicos ligantes e não-ligantes (Química), o que justifica uma abordagem interdisciplinar.

Assim, este trabalho tem como objetivo relatar uma experiência interdisciplinar que utilizou sólidos geométricos e modelos moleculares impressos em 3D para favorecer a compreensão da Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência (TRPECV). Organizada em três etapas — sólidos, vetores de dipolo e modelos moleculares.

[1] Doutor em Química da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, rubens.teles@ifpb.edu.br;
[2] Especialista em Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, amanda.pereira@ifpb.edu.br;
[3] Doutor em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, marcilio.silva@ifpb.edu.br;

ISSN: 2358-8829

METODOLOGIA

Trata-se de um relato de experiência de abordagem qualitativa, desenvolvido de forma colaborativa pelos docentes de Química, Física e Matemática. A atividade foi desenvolvida junto a turmas dos primeiros anos dos cursos técnicos integrados do IF Sertão-PB, campus Princesa Isabel. A sequência didática foi organizada em três etapas, conduzidas conjuntamente pelos professores. As observações das discussões e as produções dos estudantes foram registradas pelos docentes ao longo das etapas. As turmas apresentam cerca de 30 alunos pro sala e a metodologia foi aplicada em aulas de 50 minutos.

Etapa 1 — Sólidos geométricos (Matemática). Foram modelados e impressos em 3D os três sólidos que correspondem aos arranjos eletrônicos estudados: o tetraedro, a bipirâmide trigonal e o octaedro. Com os sólidos em mãos, os estudantes identificaram e contaram vértices, arestas e faces, verificaram a relação de Euler ($V - A + F = 2$) e discutiram os ângulos formados entre os segmentos que ligam o centro aos vértices: 109,5° no tetraedro; 90° e 120° na bipirâmide trigonal; e 90° no octaedro. O centro do sólido passou a representar o átomo central e cada vértice, um domínio eletrônico.

Etapa 2 — Vetores e momento de dipolo (Física). Sobre os sólidos impressos, os estudantes representaram os vetores dos momentos de dipolo das ligações ($\mu = q \cdot d$), orientados do centro para os vértices, e efetuaram a soma vetorial para obter a resultante. No tetraedro, por exemplo, cada um dos três vetores da base forma 109,5° com o vetor vertical e contribui com uma componente vertical de $-\mu/3$ (pois $\cos 109{,}5° \approx -1/3$), de modo que as três componentes somadas anulam o vetor superior, enquanto as componentes horizontais, defasadas de 120°, também se cancelam. Raciocínio análogo foi aplicado à bipirâmide trigonal (vetores axiais opostos e três equatoriais a 120°) e ao octaedro (três pares de vetores opostos).

Etapa 3 — Modelos moleculares completos (Química). Na última etapa, foram impressos os modelos moleculares completos, com representação dos pares ligantes e não-ligantes. Para cada arranjo eletrônico, os estudantes compararam uma molécula sem pares não-ligantes no átomo central (CH_4, PCl_5 e SF_6) e outra com um par não-ligante (NH_3, SF_4 e BrF_5), analisando a geometria molecular resultante, os ângulos de ligação e a polaridade.

ISSN: 2358-8829

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial químico que organiza o conteúdo é a TRPECV, proposta por Gillespie e Nyholm (1957) e revisitada por Gillespie (1992). Segundo o modelo, os domínios eletrônicos ao redor do átomo central se distribuem de modo a minimizar as repulsões, originando arranjos que coincidem com poliedros — tetraedro, bipirâmide trigonal e octaedro —, e os pares não-ligantes, por ocuparem maior espaço, comprimem os ângulos de ligação.

Pesquisas sobre o pensamento visuoespacial reforçam a necessidade de recursos concretos. Wu e Shah (2004) mostram que estudantes têm dificuldade em converter representações 2D em estruturas 3D, recomendando o uso de modelos concretos como apoio. Stieff (2007), por sua vez, evidencia o papel da rotação mental na resolução de problemas químicos que envolvem estruturas espaciais.

A convergência de saberes exigida pelo tema justifica a interdisciplinaridade, entendida por Fazenda (2011) como uma atitude de integração que supera a fragmentação dos conteúdos, em consonância com a Base Nacional Comum Curricular, que propõe a articulação entre as áreas do conhecimento (BRASIL, 2018). No plano internacional, Donaghy e Saxton (2012) descrevem uma abordagem em três etapas que conecta Geometria e Química para desenvolver o pensamento tridimensional, articulação semelhante à adotada neste trabalho.

Modelos moleculares físicos têm longa tradição como recurso didático (LIMA; LIMA-NETO, 1999), e a impressão 3D ampliou as possibilidades de produção de modelos personalizados e de baixo custo. Dean, Ewan e McIndoe (2016) aplicaram a impressão 3D ao ensino da própria TRPECV, e Smiar e Mendez (2016) empregaram modelos impressos para trabalhar polaridade de ligação. Revisões recentes (PINGER; GEIGER; SPENCE, 2020; SANTOS *et al.*, 2025) indicam que a tecnologia favorece a aprendizagem de temas abstratos, e, no Brasil, Guadagnini (2026) disponibilizou um kit de peças modulares para impressão 3D voltado ao ensino de Química.

ISSN: 2358-8829

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os achados foram sistematizados em três categorias analíticas: (i) a relação entre arranjo espacial e polaridade; (ii) a autonomia dos estudantes na interpretação de estruturas tridimensionais; e (iii) a articulação entre os componentes curriculares.

Relação entre arranjo espacial e polaridade. A comparação entre moléculas com o mesmo número de domínios eletrônicos, mas com arranjos distintos, foi o ponto central da experiência. Em CH_4, PCl_5 e SF_6, todos os domínios são pares ligantes idênticos: a molécula reproduz a simetria do sólido correspondente — tetraédrica (109,5°), bipiramidal trigonal (90° e 120°) e octaédrica (90°) — e, como verificado na Etapa 2, a soma vetorial dos dipolos é nula, caracterizando-as como apolares. Já em NH_3, SF_4 e BrF_5, a presença de um par não-ligante altera a geometria molecular para piramidal trigonal, gangorra e pirâmide de base quadrada, respectivamente, e comprime os ângulos de ligação (aproximadamente 107° no NH_3; 102° e 173° no SF_4; e 85° no BrF_5), rompendo a simetria e gerando momento dipolar resultante diferente de zero. O manuseio dos modelos permitiu que os estudantes percebessem, de forma tátil e visual, que a polaridade não depende apenas da diferença de eletronegatividade, mas da combinação entre ligações polares e arranjo espacial, o que dialoga diretamente com as dificuldades descritas por Furió e Calatayud (1996).

Autonomia na interpretação de estruturas tridimensionais. Ao final das atividades, os estudantes passaram a prever a geometria e a polaridade de moléculas a partir da contagem de domínios eletrônicos e da análise vetorial, recorrendo aos modelos para confirmar suas hipóteses. Esse comportamento está de acordo com Wu e Shah (2004), que apontam os modelos concretos como mediadores da conversão entre representações 2D e 3D, e com Stieff (2007), já que os modelos reduzem a dependência exclusiva da rotação mental. A sequência sólido–vetores–molécula ofereceu um caminho progressivo de abstração, semelhante ao proposto por Donaghy e Saxton (2012), e os resultados convergem com experiências que utilizaram impressão 3D no ensino da TRPECV e da polaridade (DEAN; EWAN; McINDOE, 2016; SMIAR; MENDEZ, 2016).

Articulação entre os componentes curriculares. Os conceitos de vértice, aresta, ângulo e vetor deixaram de ser tratados como conteúdos isolados e passaram a funcionar como ferramentas para explicar um fenômeno químico, o que evidencia a integração defendida por Fazenda (2011) e pela BNCC (BRASIL, 2018). Esse aspecto é relevante

diante da pouca integração efetiva entre esses componentes no ensino médio (SOUSA; MIRANDA, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência mostrou que a integração entre Química, Física e Matemática, mediada pela impressão 3D de sólidos geométricos e modelos moleculares manipuláveis, constitui uma estratégia pedagógica promissora para tornar tangível o conteúdo de geometria molecular. A organização em três etapas — sólido, vetores e molécula — permitiu que os estudantes compreendessem por que moléculas com ligações polares podem ser apolares e como os pares não-ligantes distorcem os ângulos e geram momento dipolar resultante.

Como desdobramentos, sugere-se ampliar o conjunto de moléculas analisadas (por exemplo, H_2O, XeF_4 e ClF_3), relacionar a polaridade às forças intermoleculares e investigar os ganhos de aprendizagem com instrumentos de avaliação específicos.

Palavras-chave: Geometria Molecular; Interdisciplinaridade; Modelos Tridimensionais; Polaridade; TRPECV.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: [28/10/2026].

DEAN, N. L.; EWAN, C.; McINDOE, J. S. Applying hand-held 3D printing technology to the teaching of VSEPR theory. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 9, p. 1660-1662, 2016.

DONAGHY, K. J.; SAXTON, K. J. Connecting geometry and chemistry: a three-step approach to three-dimensional thinking. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 7, p. 917-920, 2012.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**: efetividade ou ideologia. 6. ed. São Paulo: Loyola, 2011.

FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules: beyond misconceptions. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 1, p. 36-41, 1996.

GILLESPIE, R. J. The VSEPR model revisited. **Chemical Society Reviews**, v. 21, n. 1, p. 59-69, 1992.

GILLESPIE, R. J.; NYHOLM, R. S. Inorganic stereochemistry. **Quarterly Reviews, Chemical Society**, v. 11, n. 4, p. 339-380, 1957.

GUADAGNINI, P. H. Kit para montagem de modelos moleculares com impressão 3D para o ensino de química. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 16, n. 2, p. 455-471, 2026.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

LIMA, M. B.; LIMA-NETO, P. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química. **Química Nova**, v. 22, n. 6, p. 903-906, 1999.

PINGER, C. W.; GEIGER, M. K.; SPENCE, D. M. Applications of 3D-printing for improving chemistry education. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 1, p. 112-117, 2020.

SANTOS, H. C.; SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, J. R. R. T.; LEITE, B. S. Integração da impressão 3D no ensino de ciências da natureza: uma revisão sistemática da literatura. **Ensino & Pesquisa**, v. 23, n. 3, p. 381-396, 2025.

SMIAR, K.; MENDEZ, J. D. Creating and using interactive, 3D-printed models to improve student comprehension of the Bohr model of the atom, bond polarity, and hybridization. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 9, p. 1591-1594, 2016.

SOUSA, J. L. O.; MIRANDA, M. L. D. Relações intrínsecas entre a química, física e matemática no ensino médio brasileiro: uma abordagem teórica-metodológica. **EccoS – Revista Científica**, n. 70, e25825, 2024.

STIEFF, M. Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. **Learning and Instruction**, v. 17, n. 2, p. 219-234, 2007.

WU, H.-K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004.