

Facilitando o Entendimento da Geometria Molecular na Química com o App Mo-Cubed

Facilitating the Understanding of Molecular Geometry in Chemistry with the Mo-Cubed App

Marcus Vinícius Hungaro Faria¹
Raphael Salles Ferreira Silva²
Leonardo Bruno Federico³

RESUMO: O estudo investiga a integração de tecnologias educacionais, com ênfase no Aplicativo *Android Mo-Cubed*, para compreender as formas tridimensionais das moléculas e suas propriedades físico-químicas. Teorias educacionais enfatizam a importância da contextualização e do uso de recursos educativos para promover uma aprendizagem eficaz. Este artigo aborda o ensino da Geometria Molecular, destacando sua relevância e as limitações das representações bidimensionais. A metodologia descreve uma aula experimental utilizando o App *Android Mo-Cubed*, evidenciando melhorias na compreensão dos conceitos tratados. Os resultados ressaltam a eficácia da abordagem digital, corroborados pela análise dos questionários respondidos pelos alunos, que demonstram percepção positiva em relação ao uso do aplicativo. Conclui-se que essa combinação oferece uma experiência de aprendizado completa e estimulante, fomentando o interesse dos alunos pela Química e áreas correlatas.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos Moleculares. Geometria Molecular. App *Mo-Cubed*. Ensino de Química.

ABSTRACT: The study investigates the integration of educational technologies, with a focus on the Android app Mo-Cubed, to understand the three-dimensional shapes of molecules and their physical-chemical properties. Educational theories emphasize the importance of contextualization and the use of educational resources to promote effective learning. This article discusses the teaching of Molecular Geometry, highlighting its relevance and the limitations of two-dimensional representations. The methodology describes an experimental class using the Android app Mo-Cubed, demonstrating improvements in the understanding of the concepts addressed. The results underscore the effectiveness of the digital approach, supported by the analysis of questionnaires answered by students, which show a positive perception regarding the use of the app. It is concluded that this combination provides a comprehensive and stimulating learning experience, fostering students' interest in Chemistry and related fields.

KEYWORDS: Molecular Models. Molecular Geometry. Mo-Cubed App. Chemistry Education.

¹ Mestre em Química. Colégio Militar do Rio de Janeiro. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6861-572X>. E-mail: marcus.hungaro@gmail.com

² Doutor em Química. Colégio Militar do Rio de Janeiro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9590-6387>. E-mail: silvaferreirasallesraphael@gmail.com

³ Doutor em Química. Universidade Federal de Santa Catarina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2943-8802>. E-mail: leonardo.federico@ufsc.br

1 Introdução

A visualização tridimensional (3D) de estruturas moleculares é um desafio cuja realização é fundamental no Ensino de Química, pois permite aos alunos compreenderem não apenas o arranjo estrutural das moléculas, mas também suas propriedades físico-químicas e comportamento reativo. A transição da representação bidimensional (2D) para a visualização 3D dessas estruturas é crucial para a aplicação prática dos conceitos teóricos em contextos reais e para a construção de uma base sólida do conhecimento científico (Faria, 2019). No entanto, a dificuldade em visualizar formas 3D a partir de representações 2D é uma questão amplamente reconhecida no Ensino de Química (Wu, Krajcik e Soloway, 2001). Esse desafio exige abordagens pedagógicas inovadoras que possam facilitar a transição de visualização de maneira eficaz e compreensível para os alunos.

A incorporação de Tecnologias Educacionais (TE), especialmente dispositivos móveis, no Ensino de Química ainda não é plenamente aproveitada. Por exemplo, o uso de dispositivos móveis pode favorecer a assimilação de conceitos químicos frequentemente abstratos e de difícil compreensão para os alunos (Syamsuri *et al.*, 2022). Destaca-se, ainda, que, por tais dispositivos, como *smartphones* e *tablets*, estarem cada vez mais presentes na vida dos estudantes, podem ajudar tanto alunos quanto educadores a atingir os objetivos e resultados de aprendizagem de maneira mais eficaz ao serem integrados astutamente ao currículo (Diawati, Fadiawati e Syamsuri, 2018).

Por outro lado, o acesso precoce às Tecnologias Digitais (TD), principalmente por meio de mídias sociais, pode expor aos estudantes conteúdos não confiáveis, comprometendo a qualidade da aprendizagem. Como apontam Brito Monteiro Neto e Amaral (2024), é fundamental avaliar cuidadosamente as fontes digitais utilizadas, especialmente no contexto do Ensino de Química, quando a desinformação frequentemente decorre da escolha econômica de referências. No entanto, esses autores destacam que, com o uso de plataformas e aplicativos bem fundamentados, é possível não apenas melhorar o aprendizado, mas também promover maior interação entre alunos e professores, facilitando o desenvolvimento de atividades educativas mais práticas.

Para que essa potencialidade das TD seja plenamente aproveitada, é essencial que os professores acompanhem as mudanças na ciência e na tecnologia, desenvolvendo

continuamente suas competências profissionais, pedagógicas, pessoais e sociais (Silva e Barreto, 2019), afim de poderem utilizar dessas estratégias em seus planejamentos. A profissionalidade do professor deve ser desenvolvida de forma sustentável, baseada em suas necessidades individuais, de grupo e institucionais. É importante evidenciar que professores bem capacitados impactam diretamente na qualidade da educação, tornando o ensino de disciplinas complexas, como a Química, mais acessível e eficaz (Syamsuri, Fadiawati e Fauzi, 2013). Essa sinergia entre a formação docente e a utilização consciente da TD é fundamental para transformar o ambiente educacional e promover o aprendizado.

Nesse contexto, para superar essa barreira, o ensino baseado em visualização é crucial (Dalton, Tasker e Sleet, 2012) tanto para a aquisição de conhecimento quanto para a experiência escolar. No que se diz respeito à aprender Química, a visualização representa um aprendizado de forma completa e significativa e compreende os três níveis dimensionais: macroscópico (observável pelos sentidos), submicroscópico (molecular/atômico) e simbólico. Sendo a dimensão submicroscópica bem representada utilizando TD, seja em duas ou três dimensões ou até usando animações (Tasker e Dalton, 2006).

Nesse cenário, as TD, que são parte integrante da Cultura Digital (CD), desempenham um papel crucial na educação. Segundo Bortolazzo (2020), a CD introduz novas formas de representar o mundo e criar interações entre pessoas e máquinas, além de integrar mídias digitais e redes de comunicação, abrindo caminho para práticas pedagógicas inovadoras. O uso de dispositivos móveis, portanto, é um exemplo disso, pois facilita o acesso a conteúdos complexos, proporcionando um aprendizado mais dinâmico e personalizado.

Diante desse cenário, este artigo explora a utilização de modelo digitais, com foco no *App Mo-Cubed*, como ferramenta estratégica para aprimorar o ensino-aprendizagem da Geometria Molecular. Ao integrar essa ferramenta, busca-se superar as limitações das representações 2D; promover um ensino mais dinâmico e eficaz, capaz de estimular o interesse dos alunos pela Química; e prepará-los para os desafios científicos contemporâneos.

Este trabalho descreve a metodologia adotada e apresenta evidências da eficácia dessas abordagens através da análise de resultados quantitativos e qualitativos. Espera-se que os *insights* obtidos contribuam para o desenvolvimento contínuo de estratégias de ensino inovadoras, alinhadas com as melhores práticas educacionais e capazes de transformar positivamente a experiência de aprendizagem dos estudantes de Química.

2 Pressupostos teóricos

2.1 O Ensino de Química

O Ensino de Química deve ser conduzido de maneira contextualizada, estabelecendo conexões com a realidade dos alunos para se tornar uma disciplina mais tangível, conforme discutido por Sá e Santin Filho (2017). Além disso, o Ensino de Química promovido em sala de aula tem o objetivo de transcender a mera memorização de conceitos e de terminologias. Uma abordagem educacional eficaz busca integrar os conteúdos químicos às demandas sociais contemporâneas.

Os Recursos Educacionais (RE) desempenham um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem, especialmente quando mediados por ferramentas culturais, conforme destacado por Vygotsky (2003). No ambiente de sala de aula, o uso de RE possibilita que professores compartilhem significados com os alunos, enriquecendo a comunicação do conhecimento científico (Mortimer e Quadros, 2018). Esse processo de mediação facilita a compreensão dos conteúdos, permitindo uma interação mais direta entre os conceitos e a realidade dos alunos.

Além disso, a utilização dos RE no ensino das Ciências é uma estratégia eficaz para transmitir conhecimentos de forma mais acessível e envolvente. A interação com esses recursos promove uma experiência de aprendizado mais ativa, onde os alunos não apenas recebem informações, mas também são incentivados a processá-las de maneira crítica. Aqui, é importante considerar a teoria da Aprendizagem Social de Albert Bandura (1977), que enfatiza que a aprendizagem ocorre em um contexto onde os alunos observam, imitam e processam as informações que recebem.

A abordagem de Bandura sugere que, ao utilizar RE em um ambiente estimulante e motivador, os alunos são mais propensos a internalizar o conhecimento e aplicá-lo em situações práticas. Isso ocorre porque os RE, quando bem planejados, são capazes de capturar a atenção dos alunos, facilitando a retenção e a compreensão de conceitos complexos. Portanto, os RE não apenas transmitem informações, mas também contribuem para uma aprendizagem mais profunda e duradoura, ao permitir que os alunos integrem novos conhecimentos de forma significativa.

Com essa perspectiva, é possível entender que os RE, aliados a um ambiente educativo favorável, se tornam poderosos mediadores no processo de ensino, potencializando a aprendizagem dos estudantes. Quando um aluno utiliza um RE que capta sua atenção em um ambiente estimulante, a chance de internalizar e aplicar o conhecimento aumenta. Assim, os RE não apenas transmitem informações, mas também promovem aprendizagens mais profundas e duradouras.

Nesse sentido, Oliveira, Sá e Mortimer (2019) identificaram duas categorias principais de RE: meios mediacionais, como modelos moleculares e aparatos experimentais, que influenciam diretamente a ação educacional; e meios utilizados como suportes materiais, como quadros negros, livros e dispositivos de projeção de imagens, que auxiliam no uso dos meios mediacionais.

No Ensino de Química, os RE são fundamentais para representar e construir analogias de conceitos, uma vez que essa disciplina é marcada por um alto nível de abstração (Harnraken, 1996). Esses recursos são especialmente úteis na construção, seleção, interpretação e aplicação de representações disciplinares, facilitando a comunicação, a resolução de problemas e o aprendizado dos alunos (Stieff, Scopelitis, Lira e Desutter, 2016).

Para tornar o processo de aprendizagem em Química mais acessível e significativo, os professores frequentemente recorrem a práticas que aproximam os conceitos teóricos da experiência prática dos alunos. Aulas experimentais em laboratório, por exemplo, ajudam a fortalecer a integração entre teoria e prática, permitindo que os alunos visualizem e experimentem fenômenos químicos. Além disso, atividades lúdicas, como jogos digitais, e o uso de tecnologias, incluindo computadores e smartphones, têm se mostrado eficazes para potencializar o engajamento dos estudantes, proporcionando uma experiência de aprendizado mais interativa e dinâmica (De Sá Hungar *et al.*, 2024).

Essas práticas, quando combinadas com os RE, ampliam as oportunidades de aprendizagem e tornam os conceitos abstratos da Química mais compreensíveis, facilitando a compreensão e a retenção de conteúdos pelos alunos.

2.2 Geometria Molecular no Ensino de Química

A Geometria Molecular é um conceito central na Química, essencial para descrever a forma 3D de uma molécula. Esta configuração é determinada pela disposição espacial dos átomos que compõem a molécula e é influenciada tanto pela natureza desses átomos quanto pela distribuição dos pares de elétrons que formam as ligações químicas. Seu estudo é crucial, pois impacta diretamente as propriedades físico-químicas das substâncias, como polaridade, reatividade química, solubilidade, ponto de fusão e ebulição. Existem diversos tipos de geometria moleculares conhecidos, como linear, angular, trigonal planar, tetraédrica, entre outros. Cada arranjo possui características específicas que desempenham um papel fundamental na compreensão das propriedades particulares das substâncias (Atkins, 2018).

No contexto educacional, é comum que os professores representem as geometrias moleculares no quadro negro, um meio 2D, durante as aulas, auxiliando os alunos na visualização das estruturas 3D. No entanto, essa abordagem muitas vezes é limitada, pois retratar uma forma 3D por meio de um meio 2D é desafiador (Martins, Freitas e Vasconcelos, 2020).

Os modelos moleculares feitos com jujubas e palitos de dente desempenham um papel crucial ao representar visualmente conceitos abstratos, facilitando e motivando os alunos durante o processo de ensino e aprendizagem (Faria, 2019). Essa estratégia enriquecedora pode ser adaptada em termos de formas, tamanhos e materiais, conforme necessário para cada aula ou situação educacional (Migliato Filho, 2005; Lima e Lima Neto, 1999).

Além dos modelos moleculares físicos, o uso de aplicativos de modelagem molecular no Ensino de Química tem mostrado eficácia crescente. Um exemplo destacado é o *App Mo-Cubed*, que permite aos alunos explorar estruturas 3D por meio de dispositivos eletrônicos, proporcionando uma experiência de aprendizagem interativa e imersiva no estudo da geometria molecular.

2.3 Uso de Programas Educacionais no Ensino de Química

A incorporação de Programas Educacionais (PE) está se tornando cada vez mais comum no Ensino de Química, impulsionada pelo aumento do acesso à tecnologia e pela necessidade de adaptação aos novos modelos de aprendizado. Essas ferramentas englobam jogos educativos, simulações e programas especializados, proporcionando aos alunos uma abordagem interativa

que desmistifica conceitos complexos. Além disso, permitem uma personalização do ensino, ajustando o conteúdo às necessidades individuais dos alunos (Faria *et al.*, 2024), (Faria, 2019).

A eficácia dos dispositivos móveis como ferramentas de aprendizado é destacada em diversos estudos, que apontam um aumento significativo na compreensão conceitual e na atividade dos alunos (Ferreira de Moraes, Casagrande e Maieski, 2024), (Feldt, Matta e Dieterich, 2012), (Libman e Huang, 2013), (Wijtmans, Rens e Koezen, 2014), (Naik, 2017), (Faria, Ferreira e Reis, 2024). A integração da tecnologia da informação no ensino, como defendido por Rogers e Mize (2005), também demonstra impactos positivos, especialmente no desenvolvimento de habilidades críticas e alfabetização digital.

Ademais, com o avanço rápido e a portabilidade dos dispositivos móveis, várias aplicações foram desenvolvidas para visualizar conceitos químicos abstratos; a saber ferramentas como *Molecular Viewer 3D*, *ChemEd* e *3D Molecules Edit & Test* exploram ligações químicas complexas (Libman e Huang, 2013), (Naik, 2017). Outros exemplos podem ser citados com *ChemDoodle Mobile* e *Atomdroid* que oferecem representações detalhadas de estruturas moleculares, enquanto *FuncXY*, *TriPlot 3D Graphing*, *WebMo* e *Graphing Calculator* são utilizados para estudar orbitais atômicos (Tania e Saputra, 2018). Esses aplicativos não apenas proporcionam uma visualização mais clara de conceitos difíceis, mas também incentivam a colaboração entre os alunos. Naik (2017) destaca que o aprendizado através de aplicativos móveis facilita atividades colaborativas, promovendo o desenvolvimento de habilidades sociais e de trabalho em equipe, que são essenciais para a formação científica e tecnológica dos estudantes. Assim, a integração de tecnologias móveis ao ensino de Química contribui para um aprendizado mais interativo e dinâmico.

O App *Mo-Cubed*, também chamado de *Mobile Molecular Modeling* - Mo3, apesar de estar disponível em inglês, pode ser utilizado por professores e alunos como uma ferramenta educacional essencial para aulas de Química em todos os níveis. Desde seu lançamento em 2016, o aplicativo já acumula mais de 39 mil *downloads* e possui uma avaliação média de 4,25 de 5 estrelas possíveis, baseada em 180 avaliações. Ele permite acessar informações químicas de bases de dados públicos e calcular as propriedades físico-químicas de estruturas específicas de interesse. Com uma interface simples que simula um quadro negro, os usuários podem construir moléculas simples e complexas diretamente na tela de seus dispositivos móveis com um simples toque.

Desenvolvido pela *Advanced Mobile Apps for Science & Education*, o *Mo-Cubed* (<https://www.appbrain.com/app/mobile-molecular-modeling-mo3/club.amase.mocubed>) é um exemplo de aplicativo educacional disponível na loja do *Google Play* para sistemas operacionais *Android*, focado em capacitar estudantes na construção e análise de estruturas moleculares através de cálculos semi-empírico. No entanto, é importante notar que o *Mo-Cubed* requer conexão com a internet para funcionar plenamente, garantindo acesso contínuo a dados e funcionalidades atualizadas.

Em consonância com a necessidade de inovar e adaptar as metodologias no Ensino de Química (Faria et al., 2024), este trabalho propõe práticas pedagógicas que estejam alinhadas às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017. A implementação dessas práticas visa desenvolver competências e habilidades essenciais para o ensino de Química. Dentre elas, destaca-se a competência geral C9, que enfatiza a aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos para a compreensão e transformação da realidade.

As habilidades abordadas incluem: D1QUI073, que foca na representação das fórmulas molecular, mínima, eletrônica (ou de Lewis) e estrutural de substâncias moleculares e covalentes; D1QUI074, que trata da conceituação da geometria molecular; D1QUI075, voltada para a identificação da geometria das principais moléculas, como CO₂, CO, H₂O, SO₂, HCN e O₃; D1QUI076, que abrange a identificação da polaridade das ligações covalentes, considerando as diferentes eletronegatividades dos elementos; e D1QUI077, que aborda o conceito de polaridade das moléculas. Essas práticas pedagógicas visam facilitar a compreensão desses conceitos pelos alunos, aproximando-os dos objetivos educacionais propostos pela BNCC.

A ênfase no desenvolvimento dessas habilidades reflete a intenção de conectar os conteúdos de Química à realidade dos alunos, promovendo uma aprendizagem mais contextualizada e significativa.

Assim, ao propor práticas pedagógicas que atendem às competências e habilidades previstas pela BNCC de 2017, este trabalho busca não apenas cumprir as diretrizes educacionais, mas também inovar na forma de ensinar conceitos complexos de Química. Nesse contexto, a integração de práticas pedagógicas com o uso de Recursos Educacionais (RE) torna-se fundamental.

Dessa forma, ao integrar o uso de RE no Ensino de Química, alinhamos as diretrizes da BNCC à prática pedagógica, promovendo um ensino interdisciplinar e inovador. Um exemplo dessa integração é a utilização do *aApp Mo-Cubed* como ferramenta pedagógica, que visa enriquecer a experiência de aprendizagem dos estudantes, tornando os conteúdos de Química mais acessíveis e atrativos. Com isso, os alunos desenvolvem não apenas competências científicas, mas também habilidades críticas e criativas, proporcionando uma educação mais completa e significativa.

Embora seja uma ferramenta tecnológica que torna o ensino mais interessante, é crucial destacar que o *App Mo-Cubed* não deve substituir o ensino tradicional ministrado pelos professores. Ele deve ser utilizado como complemento ao ensino em sala de aula, permitindo aos alunos praticarem e revisarem os conceitos aprendidos, melhorando seu desempenho em Química e tornando o processo de aprendizagem mais acessível e estimulante para todos.

3 Metodologia

Na presente seção, descreveremos como foi integrar o uso do *aApp Mo-Cubed* na aula de Geometria Molecular para uma turma do 3º ano do Ensino Médio composta de 32 alunos. A abordagem adotada nesta pesquisa foi qualitativa, com ênfase em características analíticas. É fundamental destacar que o cronograma experimental foi estruturado de acordo com o planejamento de aulas e o currículo escolar da instituição em questão. O calendário e o planejamento de aulas são estabelecidos pela escola no início do ano letivo, determinando a disposição dos conteúdos ao longo do período escolar. Portanto, este estudo seguiu rigorosamente o calendário da escola X, onde foi conduzido o experimento, integrando as atividades ao conteúdo programático da turma durante as aulas regulares ao longo do ano letivo.

3.1 Classificação da Pesquisa

Para esta pesquisa foi elaborado um questionário no formato *Google Formulário*, considerando critérios específicos para garantir sua eficácia. As perguntas foram cuidadosamente formuladas para capturar informações relevantes relacionadas aos objetivos do estudo, utilizando uma combinação de perguntas abertas e fechadas. O tipo de pergunta variou de acordo com o objetivo específico de cada item do questionário, buscando obter respostas detalhadas e significativas dos participantes. Além disso, foram incluídas perguntas que

permitiram aos respondentes expressar suas opiniões e experiências de forma livre, contribuindo para uma compreensão mais ampla do fenômeno em estudo.

As perguntas incluíram:

1. Qual o sistema operacional utilizado? (Pergunta fechada)

a) *Android*; b) *iOS*; c) *Windows*

2. Você acredita que o uso de tecnologias digitais contribui para a compreensão do conteúdo de Geometria Molecular? (Pergunta fechada)

a) Sim; b) Não

2.1. Fique livre para expressar sua opinião caso deseje. (Pergunta aberta)

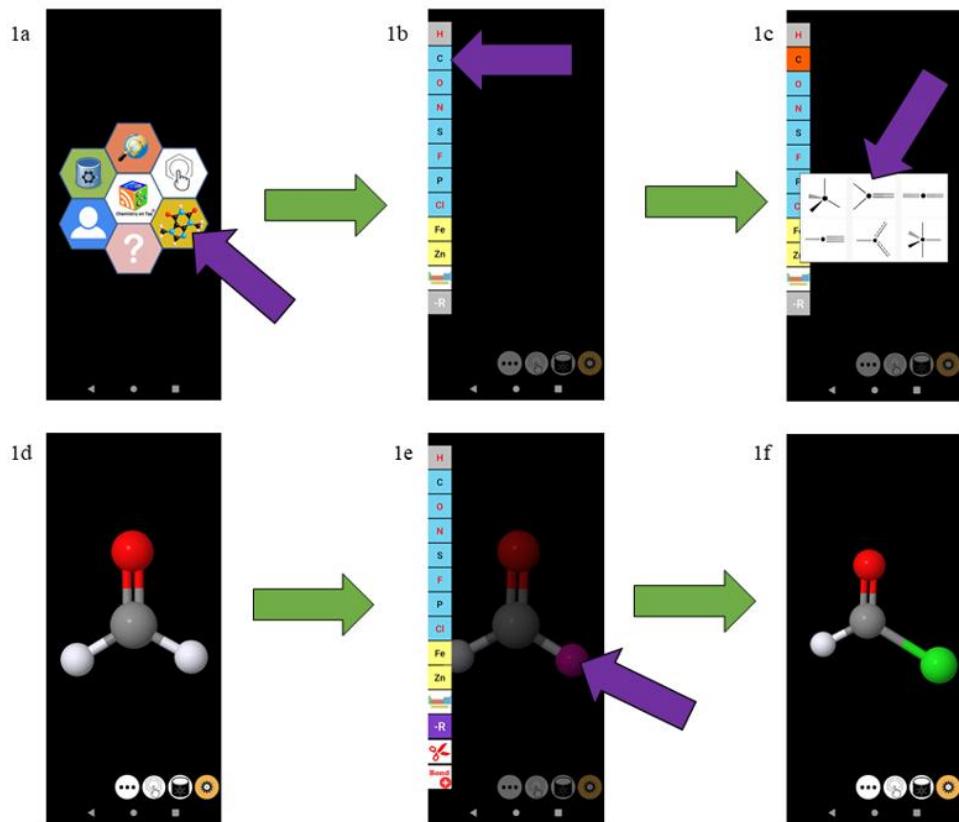
3. Qual é a sua avaliação do *App Mo-Cubed*? (Pergunta fechada)

Respostas: Nota de 0 a 10 para o aplicativo.

3.2 Materiais

Na etapa de preparação deste estudo, o professor orientou os alunos a baixarem o *App Mo-Cubed* na loja do *Google Play* e conduziu uma instrução detalhada sobre suas funcionalidades (Figura 1). Esse procedimento foi crucial para garantir que todos os alunos estivessem familiarizados com a operação do aplicativo antes de iniciar suas atividades de desenho molecular.

Figura 1 - Navegação e Funcionalidades do *App Mo-Cubed* para Desenho de Estruturas Moleculares.



Fonte: autoria própria (2024).

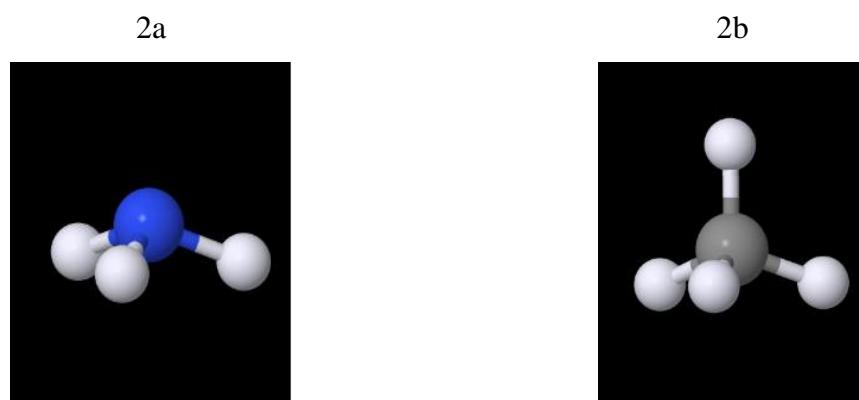
Legenda. A seta roxa indica a opção escolhida pelo usuário e as setas vermelhas indicam a navegação entre telas. Em 1a. tem-se a tela inicial do *App Mo-Cubed* apresentando suas funcionalidades. É selecionada a opção de desenho manual de estruturas. Para mais detalhes, é recomendado assistir ao vídeo tutorial disponível no canal oficial do *Mo-Cubed* no YouTube. Em 1b, na tela de desenho do programa, o menu à esquerda exibe várias opções de elementos químicos. Para selecionar qualquer outro elemento não listado, o usuário pode acessar a tabela periódica. A seta roxa destaca a seleção do átomo de carbono feita pelo usuário. Em 1c., após escolher o átomo de carbono, o aplicativo oferece opções de hibridação. Com a seleção da hibridação sp^2 , o aplicativo monta a estrutura do CH_2O (carbono em cinza escuro, hidrogênio em cinza claro e oxigênio em vermelho), conhecida como metanal. Em 1d., é possível realizar zoom, rotacionar e editar a estrutura molecular. Em 1e., há a seleção do átomo de hidrogênio à direita, ficando na cor rosa após a seleção. E em 1f., o átomo de hidrogênio é substituído por um átomo de cloro (verde). A mudança evidencia o aumento do tamanho da ligação devido ao maior raio atômico do cloro em comparação ao hidrogênio.

Além disso, foram apresentados vídeos tutoriais disponíveis no *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=qIhc2qWnuc>) que destacavam as capacidades e as funcionalidades do aplicativo, proporcionando aos alunos um entendimento abrangente de como utilizar o *Mo-Cubed* de forma eficaz para aulas de Química. Essas medidas visaram assegurar que todos os participantes estivessem preparados e aptos para integrarem o aplicativo em suas atividades educacionais de forma produtiva e informada.

3.3 Procedimento Experimental

No procedimento experimental realizado, os 32 alunos participantes foram organizados em grupos, considerando a disponibilidade de sistemas operacionais *Android* entre eles, conforme detalhado nos resultados e discussões (seção 4). Cada grupo teve a liberdade de decidir seu formato de trabalho, optando por duplas, trios ou grupos maiores, conforme sua preferência. Inicialmente, o professor apresentou diversas fórmulas moleculares no quadro, incluindo estruturas como Cl_2 , H_2O , H_2S , H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCN , CO_2 , CO , O_2 , O_3 , N_2 , CH_4 , CCl_4 , CH_3Cl , NH_3 , PH_3 , PCl_5 , SF_4 , SF_6 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, C_6H_6 , CH_3OCH_3 , CH_3COOH , entre outras. Essas fórmulas abrangiam uma variedade de geometrias moleculares relevantes para o Ensino de Química no Ensino Médio (Figura 2).

Figura 2 - Modelagem das Moléculas de Amônia e Metano com Geometrias Distintas Usando o App Mo-Cub.



Fonte: autoria própria (2024).

Legenda. Em 2a., a molécula da amônia (NH_3) com geometria piramidal construída usando o App *Mo-Cubed*, usando o modelo “*ball and sticks*” disponível no App. Azul representa o átomo de nitrogênio e branco representa os átomos de hidrogênio. Em 2b: molécula do metano (CH_4) com geometria tetraédrica construída usando o App *Mo-Cubed*, usando o modelo “*ball and*

“sticks” disponível no *App*. Cinza representa o átomo de carbono e branco representa os átomos de hidrogênio.

Os alunos foram encorajados a escolher uma ou mais dessas moléculas, desenhá-las em seus cadernos pessoais e posteriormente reproduzi-las no *App Mo-Cubed*. Essa atividade não apenas permitiu que os alunos explorassem e visualizassem as diferentes geometrias moleculares de forma interativa, mas também promoveu a aplicação prática dos conceitos discutidos em sala de aula. Ao desenhar as estruturas no caderno e transferi-las para o aplicativo, os alunos puderam consolidar seu entendimento teórico através da manipulação prática das moléculas em um ambiente digital.

4 Resultados e Discussões

Durante a prática realizada, ficou evidente a complexidade envolvida na representação das geometrias moleculares em um ambiente 2D, como no quadro negro. Essa dificuldade decorre da intrincada natureza 3D das estruturas, cuja transição dos conceitos espaciais 3D para um plano 2D pode resultar em simplificações que não capturam as complexas relações entre átomos e ligações químicas. Esses desafios destacaram a necessidade de métodos de ensino mais interativos e 3D para facilitar uma compreensão realista e holística dos conceitos estudados, conforme relatado por Naik *et al.* (2017) e Faria, Ferreira e dos Reis (2024).

Ainda destaca-se que a utilização do *App Mo-Cubed* proporcionou uma melhoria substancial na compreensão dos alunos ao permitir uma visualização 3D das estruturas moleculares em seus dispositivos eletrônicos. A capacidade de girar, ampliar e explorar as estruturas de diferentes ângulos enriqueceu o aprendizado, oferecendo uma perspectiva mais detalhada e profunda das geometrias moleculares e das interações químicas. Essa abordagem interativa não apenas aumentou o envolvimento dos alunos, mas também facilitou uma compreensão holística dos conceitos estudados como discutido por Raucci *et al.* (2023).

É importante ressaltar que o uso do *Mo-Cubed* se mostrou viável, dado que 24 dos 32 alunos (total de 75%) utilizam sistema operacional *Android*, enquanto os 25% restantes variam entre *Windows* e *iOS*. Esse percentual de usuários não contemplado pelo *Mo-Cubed* foi uma das limitações identificadas durante a pesquisa. Entretanto, durante a implementação do *App Mo-Cubed*, algumas limitações foram identificadas que impactaram a experiência dos estudantes. A principal delas foi a disponibilidade exclusiva do aplicativo para dispositivos

Android, restringindo o acesso aos estudantes que utilizam outros sistemas operacionais, como *iOS* ou *Windows*. Além disso, alguns alunos enfrentaram dificuldades ao tentar baixar e instalar o aplicativo, o que pode ter comprometido o envolvimento e a eficácia das atividades propostas. Essas questões técnicas evidenciam a necessidade de uma infraestrutura robusta e de suporte contínuo para garantir a integração eficaz de tecnologias educacionais nas atividades escolares (Faria, 2019).

4. 1 Análise do Formulário *Google* respondido pelos alunos

A análise dos dados coletados do Formulário *Google*, aplicado após a atividade com o *App Mo-Cubed*, indica uma tendência significativa a favor do uso de tecnologias digitais para aprimorar a compreensão da Geometria Molecular. Partindo da pergunta: “*Você acredita que o uso de tecnologias digitais contribui para a compreensão do conteúdo de Geometria Molecular?*”, uma expressiva maioria de 91,2% dos 32 participantes respondeu afirmativamente, reconhecendo que a utilização dessas ferramentas contribuiu positivamente para a compreensão do assunto.

Esse resultado sugere que o envolvimento prático com modelos digitais auxiliou na visualização de estruturas tridimensionais complexas, permitindo que os alunos entendessem o arranjo espacial dos átomos de forma mais eficaz. Essa evidência destaca a importância de integrar tecnologias educacionais ao processo de ensino-aprendizagem, especialmente em disciplinas que exigem a compreensão de conceitos abstratos.

Essa hipótese foi corroborada por relatos específicos de alguns alunos, coletados por meio da pergunta aberta “*Fique livre para expressar sua opinião, caso deseje*”. Um exemplo é o depoimento de um aluno identificado como Aluno X, que mencionou como os aplicativos facilitaram a sua compreensão ao permitir uma visualização tridimensional das moléculas, algo que as representações planas em quadro não proporcionam. Esse aluno destacou a importância de interagir com as estruturas moleculares em 3D, tornando o entendimento da geometria e do arranjo espacial mais claro. Além disso, a observação de que os aplicativos facilitam o aprendizado sugere que essas ferramentas tornam o processo mais intuitivo e acessível, o que está em sintonia com teorias educacionais que valorizam a aprendizagem por meio de experiências concretas e interativas.

O aluno identificado como Y destacou pontos relevantes sobre os benefícios do uso de aplicativos no ensino de Geometria Molecular. Ele mencionou que essa abordagem foi mais divertida, o que sugere que o uso do aplicativo engaja os alunos de forma mais dinâmica do que

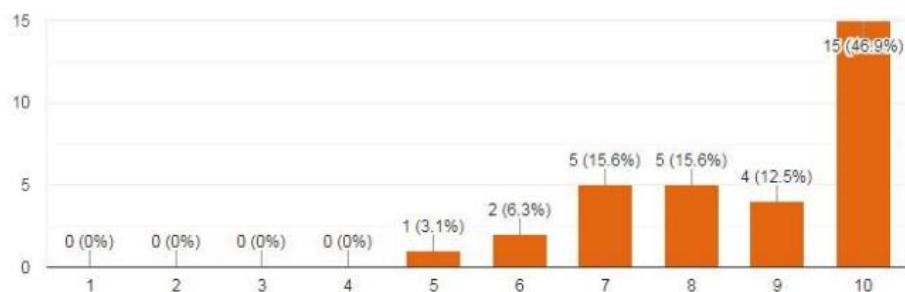
os métodos tradicionais, aumentando a motivação para aprender. Além disso, Y observou que o aplicativo conseguiu captar mais a atenção dos alunos, o que indica que a interação e manipulação das ferramentas digitais favorecem uma participação mais ativa, essencial para o processo de aprendizagem. O referido aluno também comentou que essa foi uma forma diferente de aprender geometria molecular, indicando que o uso do aplicativo ofereceu uma nova e tecnológica maneira de abordar o conteúdo. Dessa forma, essa diversificação de métodos pode ser particularmente eficaz para atender diferentes estilos de aprendizagem e melhorar a compreensão geral dos alunos.

Por outro lado, uma minoria de 8,8% respondeu negativamente, indicando que não acreditava que o *App* contribuísse para o seu entendimento. Embora esse grupo seja menor, ele ainda destaca a presença de diferentes preferências e estilos de aprendizagem entre os alunos. Possivelmente, esses discentes não acharam os *App Mo-Cubed* tão atraentes ou útil. Isso também reflete as preferências individuais de aprendizagem, sendo um desafio na utilização eficaz de ferramentas digitais, conforme já apontado por Faria *et al.* (2024).

Em resumo, os resultados demonstram que o uso do *App Mo-Cubed* teve um impacto positivo para a maioria dos alunos na compreensão da Geometria Molecular. No entanto, a presença de respostas negativas indica a importância de adaptações tecnológicas às diferentes necessidades dos estudantes, a fim de garantir uma experiência de ensino mais inclusiva e eficaz.

O formulário enviado aos alunos também incluiu uma pergunta crucial: “*Qual é a sua avaliação do App Mo-Cubed?*” Os alunos foram convidados a atribuir uma nota de 0 a 10 para o aplicativo.

Gráfico 1: Notas atribuídas pelos alunos ao desempenho do *App Mo-cubed*.



Fonte: autoria própria.

A avaliação dos estudantes sobre o *App Mo-Cubed* (Gráfico 1) revela uma recepção bastante positiva em relação à ferramenta. O fato de quinze alunos atribuírem a nota máxima, 10, sugere uma apreciação excepcional do aplicativo. Isso pode ser interpretado como um reflexo da eficácia percebida em facilitar o aprendizado e tornar as aulas mais dinâmicas e interativas. As nove avaliações com notas 8 e 9 indicam uma satisfação sólida, embora ligeiramente abaixo da pontuação máxima. Essas respostas podem refletir considerações específicas, como dificuldades iniciais na familiarização com o *App* ou áreas em que os alunos acreditam que o aplicativo poderia ser aprimorado.

Além das avaliações mencionadas, algumas notas intermediárias (sete notas), como 6 e 7, foram atribuídas pelos alunos ao *App*. Essa diversidade de pontuações sugere uma variedade de percepções individuais sobre a prática. As notas intermediárias podem refletir nuances na experiência dos alunos com o aplicativo, abrangendo aspectos como facilidade de uso, funcionalidades específicas ou preferências individuais. Essa variedade de avaliações destaca a importância de considerar a diversidade de opiniões dos estudantes ao implementar ferramentas educacionais, buscando entender melhor os diferentes contextos e necessidades de aprendizado.

A única resposta com a nota 5 destoa significativamente das demais, sugerindo uma experiência particularmente negativa para esse aluno específico. Seria interessante explorar mais a fundo as razões por trás dessa avaliação extremamente baixa para identificar possíveis pontos de melhoria ou compreender melhor as expectativas não atendidas. Em geral, a análise das avaliações revelou uma tendência positiva em relação ao *App Mo-Cubed*, destacando sua efetividade percebida na promoção do aprendizado de Química entre os estudantes participantes da pesquisa.

5 Considerações finais

O presente estudo explorou a integração de tecnologias educacionais inovadoras no Ensino de Química, especificamente o uso do *App Mo-Cubed* para o ensino de Geometria Molecular. A análise da metodologia utilizada, revelou informações significativas sobre a eficácia dessas abordagens no contexto educacional contemporâneo.

Os resultados obtidos demonstram que o *App Mo-Cubed* proporcionou uma experiência de aprendizado enriquecedora e dinâmica para os alunos. Os depoimentos dos

alunos enfatizaram a importância na superação das limitações das representações 2D tradicionais, proporcionando uma percepção mais realista das geometrias moleculares. O *App Mo-Cubed* ofereceu uma plataforma interativa e acessível para explorar as estruturas moleculares em detalhes. Ademais, a capacidade de manipular, girar e ampliar as moléculas em um ambiente digital proporcionou aos alunos uma compreensão 3D que complementou e expandiu o aprendizado tradicional, como evidenciado por Faria (2019), Bortolazzo *et al.* (2020) e Faria *et al.* (2024).

Embora os benefícios dessa metodologia sejam claros, é importante destacar que ela também enfrenta desafios, conforme apontado por Silva e Barreto (2019). A acessibilidade limitada do *App* para sistemas operacionais além do *Android* foi uma das limitações identificadas, afetando a inclusão de todos os alunos no uso dessa tecnologia. Além disso, a necessidade de conexão com a internet para o funcionamento completo do aplicativo também pode representar um obstáculo em contextos onde o acesso à internet é restrito ou inconsistente. Questões técnicas e de usabilidade foram mencionadas pelos estudantes, sugerindo a necessidade contínua de refinamento e de suporte técnico para maximizar o potencial educacional do aplicativo. Esses aspectos, conforme discutido anteriormente, já foram abordados na dissertação de Faria (2019), ressaltando a importância de considerar as limitações tecnológicas ao implementar novas metodologias no ensino de Química.

As considerações finais deste estudo destacam a importância de uma abordagem, integrada e adaptável no Ensino de Química, que combine tecnologias digitais com métodos tradicionais para enriquecer a experiência educacional dos alunos. Esta pesquisa reforça a necessidade de uma formação contínua dos educadores em tecnologias educacionais, garantindo que possam utilizar essas ferramentas de maneira integral e alinhada aos objetivos pedagógicos. Além disso, enfatiza-se aqui a importância de políticas educacionais que promovam a equidade no acesso às tecnologias digitais, garantindo que todos os alunos possam se beneficiar igualmente das oportunidades de aprendizado oferecidas por essas inovações.

Em síntese, este estudo contribui para o avanço do campo educacional ao explorar novas metodologias de ensino que não apenas melhorem a comunicação dos conceitos de Química, mas também capacitam os alunos a se tornarem aprendizes mais autônomos e críticos. Espera-se que as descobertas e recomendações aqui apresentadas inspirem futuras investigações e práticas educacionais voltadas para a promoção de um ensino mais dinâmico, inclusivo e eficaz em Química e outras disciplinas científicas.

Referências

ATKINS, P., JONES, L., & LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora. 2018.

BANDURA, A. **Teoria da aprendizagem social**. Englewood Cliffs, 1977. Disponível em: https://tecafaetu.unige.ch/etu-maltt/wall-e/gosetto0/bases/mooc_motivation/ressources_motivations/bandura_sociallearningtheory.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

BORTOLAZZO, S. F. **Das conexões entre Cultura Digital e Educação: Pensando a Condição Digital na Sociedade Contemporânea**. ETD Educação Temática Digital, v. 22, n. 2, p. 369-388, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20396/etd.v22i2.8654547>. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 02 jun. 2024.

BUTY, C.; MORTIMER, E. F. **Dialogic/Authoritative Discourse and Modelling in a High School Teaching Sequence on Optics**. International Journal of Science Education, v. 30, n. 12, p. 1635-1660, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690701466280>. Acesso em: 28 set. 2024.

DALTON, R.; TASKER, R. & SLEET, R. **Research into practice: Using molecular representations as a learning strategy in chemistry**. In: Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education. 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/Marcus/Downloads/6579-181-14087-1-10-20121128.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2024.

DIAWATI, C.; FADIAWATI, N. & FAUZI S., M.M. **Evaluasi Keterlaksanaan Strategi Pembelajaran Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Kimia**. Laporan Penelitian Hibah DIPA FKIP (tidak diterbitkan). Bandar Lampung: Universitas Lampung, 2018.

DE ALMEIDA, M. E. B. & DA SILVA, M. G. M. **Currículo, tecnologia e cultura digital: espaços e tempos de web currículo**. Revista e-curriculum, v. 7, n. 1, 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5676/4002>. Acesso em: 28 set. 2024.

DE MORAES, E. F.; CASAGRANDE, A. L. & MAIESKI, A. **Tecnologias digitais e Ensino Médio em Mato Grosso: o impasse entre a proibição e o estímulo**. Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade, v. 11, n. 27, p. 352-368, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55028/pdres.v11i27.20126>. Acesso em: 28 set. 2024.

DE SÁ HUNGAR, I. J. B., SILVA, R. S. F., FARIA, M. V. H., & DE SOUZA FORTES, M. (2024). **Da Teoria à Sobremesa: Explorando a Química do Ponto de Congelamento na Produção de Sorvete de Laranja**. Sobre Tudo, 15(1), 116-134. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/sobretudo/article/view/7524>

DOS SANTOS, BF & MORTIMER, E. F. **Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química**. Investigações em Ensino de Ciências, 24 (1), 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p62>. Acesso em: 10 mai. 2024

FARIA, M. V. H. **Desenvolvimento e aplicação de uma estratégia combinando ferramentas facilitadoras de ensino para o ensino de Química no Ensino Médio, incluindo métodos computacionais e arte de rua Madonnaro**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) - Instituto de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/5194>. Acesso em: 20 dez. 2023.

FARIA, M. V. H.; FERREIRA, R. S. & dos REIS, P R. **Para além dos livros: ACD/ChemSketch® como ferramenta facilitadora no ensino de Química**. Perspectivas Em Diálogo: Revista De Educação E Sociedade, 11(27), 247-263, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55028/pdres.v11i27.20047>. Acesso em: 05 jul. 2024.

FARIA, M. V. H.; PEREIRA, C. C.; FORTES, M. S.; GRION, R. F.; REIS, P. R. dos. Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico e digital: uma prática do Clube de Química. In: Mendonça, J. P. S. N.; Da Silva, M. A. M. (org.). **Práticas Pedagógicas: Abordagens e Metodologias Inovadoras**. Mato Grosso do Sul: Editora Inovar, 2024. cap 10, p. 154-173. DOI: https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-225-6_010. Acesso em: 09 mai. 2024.

FELDT, J.; MATA, R. A.; DIETERICH, J. M. **Atomdroid: A Computational Chemistry Tool for Mobile Platforms**. Journal of Chemical Information and Modeling, v. 52, n. 4, p. 1072-1078, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1021/ci2004219>. Acesso em: 28 set. 2024.

GIORDAN, M. **O Papel Da Experimentação No Ensino De Ciências**. In: II Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências O III Enpec Ocorreu No Park Hotel Atibaia, No Período De 7 A 10 De Novembro De 2001, Em Atibaia, Sp. Disponível Em: <http://fepl.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/dados/trabalhos/a33.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.

HABRAKEN, C. L. **Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted?**. Journal of Science Education and Technology, v. 5, p. 193-201, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01575303>. Acesso em: 28 set. 2024.

HOFFMANN, R.; LASZLO, P. **Proteisch**. Angewandte Chemie, v. 113, n. 6, p. 1065-1068, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1002/1521-3757\(20010316\)113:6%3C1065::AID-ANGE10650%3E3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1521-3757(20010316)113:6%3C1065::AID-ANGE10650%3E3.0.CO;2-H). Acesso em: 28 set. 2024.

LIBMAN, D.; HUANG, L. **Chemistry on the Go: Review of Chemistry Apps on Smartphones**. Journal of Chemical Education, v. 90, n. 3, p. 320-325, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed300329e>. Acesso em: 28 set. 2024.

LIMA, M. B. & LIMA-NETO, P. D. **Construção De Modelos Para Ilustração De Estruturas Moleculares Em Aulas De Química**. Departamento De Química Analítica E Físico-Química - Universidade Federal Do Ceará - Fortaleza - Química Nova, 22(6), 903, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000600021>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MARTINS, M. G.; FREITAS, G. F. G. & VASCONCELOS, P. H. M. **A dificuldade dos alunos na visualização de moléculas em três dimensões no ensino de geometria molecular**. Conexões - Ciência e Tecnologia, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 45-53, 2020. IFCE. Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1400>. Acesso em: 14 out. 2023.

MIGLIATO FILHO, J. R. **Utilização De Modelos Moleculares No Ensino De Estequiometria Para Alunos Do Ensino Médio – Estequiometria**. Dissertação De Mestrado – Ufscar, São Carlos (Sp), 2005. Disponível Em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6616>. Data de acesso: 20 jun. 2023.

MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. (Eds.). **Multimodalidade no Ensino Superior**. UNIJUÍ, 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u935963>. Acesso em: 11 mai. 2024.

NAIK, G.H. **Role of iOS and Gawai Mobile Apps in Teaching and Learning Chemistry**. In Teaching and the Internet: The Application of Web Apps, Networking, and Online Tech for Chemistry Education (pp. 19-35). American Chemical Society., 2017. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2017-1270.ch002>.

NETO, J. de B. M. & AMARAL, N. C. L.. **A química experimental por meio de plataformas digitais e aplicativos**. Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade, v. 11, n. 27, p. 183-200, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55028/pdres.v11i27.19868>. Acesso em: 28 set. 2024.

RAUCCI, U.; WEIR, H.; SAKSHUWONG, S.; SERITAN, S.; HICKS, CB; VANNUCCI, F. & MARTÍNEZ, TJ. **Interactive Quantum Chemistry Enabled by Machine Learning, Graphical Processing Units, and Cloud Computing**. Annual Review of Physical Chemistry, 74 (1), 313-336, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-physchem-061020-053438>. Acesso em: 18 jun. 2024.

ROGERS, K. & MIZE, C. (2005). **Getting Connected, Staying Connected: Developing a Technology-Rich Freshmen Success Program**. In C. Crawford, R. Carlsen, I. Gibson, K. McFerrin, J. Price, R. Weber & D. Willis (Eds.), Proceedings of SITE 2005--Society for Information Technology & Teacher Education International

Conference (pp. 2076-2080). Phoenix, AZ, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2005. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/primary/p/19372/>. Acesso em: 9 jul. de 2024.

SÁ, M. B. Z. & SANTIN FILHO, O. **Alguns Aspectos da Obra de Piaget e sua Contribuição para o Ensino de Química**. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação. Araraquara, p. 190–204, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21173/riaee.v12.n1.8180>.

SEDUC/MT. Governo de MT já disponibilizou mais de 48 mil chromebooks a estudantes. Por Rui Matos. **Mato Grosso, fev. 2023b**. Disponível em: <https://www3.seduc.mt.gov.br/-23546922-governo-de-mt-ja-disponibilizou-mais-de-48-mil-chromebooks-a-estudantes>. Acesso em: 28 set. 2024

SILVA, P. G. F. & BARRETO, E. S. C. **A importância do uso das tecnologias em sala de aula como mediadora no processo de ensino-aprendizagem**. Anais VI CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/58515>>. Acesso em: 28 set. 2024.

SOBRI, A.Y. **Model-model Pengembangan Profesionalisme Guru**. Konvensi Nasional Pendidikan Indonesia VIII. 339 – 342, 2016.

STIEFF, M.; SCOPELITIS, S.; LIRA, M. E. & DESUTTER, D. **Improving Representational Competence with Concrete Models**. Science Education, 100(2), 344–363, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21203>. Acesso em: 12 jun. 2023.

SYAMSURI, M.M.F.; FADIAWATI, N. & KADARITNA, N. **Chemical Equilibrium Trough Chemical Representation Learning**. In Proceeding The 2nd International Conference of Indonesian Chemical Society, Yogyakarta, 29-33, 2013.

SYAMSURI, M. M. F.; FADIAWATI, N.; RIYANDA, A. R.; SAGALA, M. K. **Pelatihan pemanfaatan perangkat lunak kimia berbasis gawai como media pembelajaran**. Jurnal PkM (Pengabdian kepada Masyarakat), v. 5, n. 3, p. 267-275, 2022. DOI: <https://doi.org/10.30998/jurnalpkm.v5i3.7616>. Acesso em: 9 jul. 2024.

TANIA, L. & SAPUTRA, A.. **Using gawai based equation plotters as supporting tools for teaching and learning atomic orbital**. Periódico Tchê Química, v. 15, n. 30, p. 397-401, 2018. DOI: <https://doi.org/10.52571/PTQ.v15.n30.2018.400> Periodico30 pgs 397 401.pdf. Acesso em: 15 jun. 2024.

TASKER, R. & DALTON, R. **Research into practice: visualisation of the molecular world using animations**. Chemistry Education Research and Practice, v. 7, n. 2, p. 141-159, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1039/B5RP90020D>. Acesso em: 24 out. 2024.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Martins Fontes, 2003.

WIJTMANS, M.; VAN RENS, L.; VAN MUIJWIJK-KOEZEN, J. E. **Activating Students' Interest and Participation in Lectures and Practical Courses Using Their Electronic Devices**. Journal of Chemical Education, v. 91, n. 11, p. 1830-1837, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed500148r>. Acesso em: 24 out. 2024.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. **Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom**. Journal of Research in Science Teaching, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.1033>. Acesso em: 24 out. 2024.

Artigo recebido em: 09/07/24 | Artigo aprovado em: 24/10/24 | Artigo publicado em: 11/11/24