

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Geometria Molecular no Ensino Médio Utilizando o Aplicativo GeoMol
desenvolvido no MIT App Inventor como Ferramenta Didática**

Danilo de Sousa Araújo
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

DANILO DE SOUSA ARAÚJO

**Geometria Molecular no Ensino Médio Utilizando o Aplicativo GeoMol
desenvolvido no MIT App Inventor como Ferramenta Didática**

Dissertação Mestrado Profissional
apresentada à Universidade Federal de
Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Química
em Rede Nacional, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcelo H. dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A663g
2026
Araújo, Danilo de Sousa, 1990-
Geometria molecular no ensino médio utilizando o aplicativo GeoMol desenvolvido no MIT App Inventor como ferramenta didática / Danilo de Sousa Araújo. – Viçosa, MG, 2026.

1 dissertação eletrônica (125 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Inclui apêndice.

Orientador: Marcelo Henrique dos Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química, 2026.

Referências bibliográficas: f. 79-83.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.217>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Química (Ensino médio) - Estudo e ensino. 2. Estrutura molecular - Ensino auxiliado por computador. I. Santos, Marcelo Henrique dos, 1971-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional. III. Título.

CDD 22. ed. 540.71

DANILO DE SOUSA ARAÚJO

Geometria Molecular no Ensino Médio Utilizando o Aplicativo GeoMol desenvolvido no MIT App Inventor como Ferramenta Didática

Dissertação Mestrado Profissional apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de março de 2026.

Assentimento:

Daniilo de Sousa Araújo
Autor

Marcelo Henrique dos Santos
Orientador

Essa dissertação mestrado profissional foi assinada digitalmente pelo autor em 29/05/2026 às 18:45:23 e pelo orientador em 01/06/2026 às 05:56:50. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **EOJ3.I588.73OT** e clique no botão 'Validar documento'.

Dedico este trabalho à minha esposa, Viviane, pelo companheirismo e amizade constantes; ao meu filho, Davi, fonte de inspiração; aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional; aos professores e mestres, pela orientação e partilha de conhecimentos; bem como a todos os amigos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta etapa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a meu Deus que me possibilitou chegar até aqui com vida, saúde e paz. A Ele, toda honra e glória!

Aos meus pais que me guiaram no caminho. E estão presentes em toda minha jornada.

A minha esposa Viviane, minha maior companheira de todas as horas, sempre presente na minha jornada acadêmica me incentivando e animando nos momentos mais difíceis.

Ao meu filho Davi, que mesmo sendo uma criança, entendeu os momentos que precisei me ausentar para realizar esse mestrado.

Ao professor Efraim, grande incentivador, orientador e parceiro no desenvolvimento de diversas atividades acadêmicas. Foi dele que recebi o convite de fazer o PROFQUI.

Ao professor Marcelo, por aceitar me orientar e em todo tempo demonstrando tranquilidade, zelo e destreza no trabalho acadêmico.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação profissional.

A todos os estudantes que participaram da pesquisa.

A Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres, por confiar em meu trabalho e me receber de portas abertas para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Colégio Anglo de Viçosa, instituição que tenho muito carinho e apreço ao qual devo boa parte do meu aprendizado do ser professor.

À UFV, pelas oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional

Aos colegas do PROFQUI 2024, agradeço pela convivência, pelas trocas de experiências e pelo aprendizado construído coletivamente ao longo do curso.

Aos membros titulares da banca examinadora, Gabriel e Iterlandes, agradeço pela disponibilidade em participar deste momento acadêmico e pelas contribuições realizadas.

Ao estudante do Coluni, Bolsista de IC - Jr, Davi, pelo desenvolvimento inicial do aplicativo.

À professora do Coluni, Deise Perigolo, Orientadora de IC - Jr, por suas contribuições no início do processo de construção do GeoMol.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

"A educação é um processo social, é desenvolvimento. Não é preparação para a vida, é a própria vida."
John Dewey

RESUMO

ARAÚJO, Danilo de Sousa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2026. **Geometria Molecular no Ensino Médio Utilizando o Aplicativo GeoMol desenvolvido no MIT App Inventor como Ferramenta Didática.** Orientador: Marcelo Henrique dos Santos.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta didática para o ensino de Geometria Molecular no Ensino Médio, envolvendo o desenvolvimento e a aplicação de um aplicativo educacional elaborado no MIT App Inventor, denominado neste trabalho como GeoMol. O método adotado consiste no desenvolvimento inicial do aplicativo GeoMol, na base de programação do MIT App Inventor para posteriormente ser utilizado como ferramenta de ensino e de aprendizagem. O início da pesquisa em sala de aula, deu-se pela aplicação de questionários diagnóstico inicial (pré-teste) e final (pós-teste), além da utilização de simulações computacionais no site PhET, desenvolvimento de atividades experimentais no laboratório de ciências e uso do aplicativo em sala de aula, conforme registros e instrumentos apresentados ao longo do estudo. A análise dos dados baseia-se na categorização das respostas dos estudantes aos questionários prévio e pós-teste, utilizando-se como referencial o método de análise de conteúdo proposto por Bardin, bem como na avaliação do aplicativo por meio de escala Likert, considerando aspectos funcionais e pedagógicos. Os resultados indicam mudanças nas representações dos estudantes sobre as geometrias moleculares, com destaque para avanços na compreensão das geometrias moleculares do CO e da H₂O e para avaliações positivas do aplicativo desenvolvido. Por fim, foi possível verificar que a integração de diferentes estratégias didáticas, associadas ao uso de tecnologias digitais e de recursos computacionais, constituíram uma possibilidade relevante para o ensino de Geometria Molecular, ao favorecer a visualização, a construção de representações e o acompanhamento do processo de aprendizagem.

Palavras-chave: geometria molecular; GeoMol ; ensino de química; App Inventor; tecnologia digital de informação e comunicação

ABSTRACT

ARAÚJO, Danilo de Sousa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2026. **Molecular Geometry in High School Using the GeoMol Application Developed in MIT App Inventor as a Teaching Tool.** Adviser: Marcelo Henrique dos Santos.

This study aims to present a didactic proposal for teaching Molecular Geometry in High School, involving the development and application of an educational app created using MIT App Inventor, referred to in this work as GeoMol. The adopted method consists of applying the initial development of the GeoMol app on the MIT App Inventor programming platform, to be subsequently used as a teaching and learning tool. The beginning of the classroom research consists of applying initial diagnostic questionnaires (pre-test) and final questionnaires (post-test), in addition to the use of computational simulations on the PhET website, developing experimental activities in the science laboratory, and using the app in the classroom, as documented through the records and instruments presented throughout the study. Data analysis is based on the categorization of students' responses to the pre- and post-test questionnaires, using as a reference the content analysis method proposed by Bardin, as well as the evaluation of the app through a Likert scale, considering both functional and pedagogical aspects. The results indicate changes in students' representations of molecular geometries, highlighting progress in the understanding of CO and HO molecular geometries, as well as positive evaluations of the developed app. Finally, it was possible to verify that the integration of different didactic strategies, associated with the use of digital technologies and computational resources, constitutes a relevant possibility for teaching Molecular Geometry, by favoring visualization, the construction of representations, and the monitoring of the learning process.

Keywords: molecular geometry; GeoMol; chemistry teaching; App Inventor; digital information and communication technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Padrão de representação dos átomos e pares de elétrons livres.

Figura 2. *Template* dos testes.

Figura 3. *Designer* da tela do *App Inventor*.

Figura 4. Editor de blocos da tela do *App Inventor*.

Figura 5. Esquema do aplicativo desenvolvido.

Figura 6. Esquema das telas do aplicativo desenvolvido.

Figura 7. Imagem da lousa de uma das aulas.

Figura 8. Simulação da geometria molecular da água, disponível no site PhET.

Figura 9. Registros da aplicação da atividade no laboratório de informática.

Figura 10. Registros da atividade experimental no laboratório de ciências.

Figura 11. Utilização do aplicativo em sala de aula.

Figura 12. Representação de alguns estudantes para a geometria molecular da água.

Figura 13. Representação da geometria molecular do CO₂, feita pelos estudantes no pós-teste.

Figura 14. Representações atribuídas à descrição da questão 3 do pós-teste.

Figura 15. Representações atribuídas em resposta à questão extra do pós-teste.

Figura 16. Respostas atribuídas à perguntas de avaliação do App GeoMol (Escala Likert 1-5).

Figura 17. Distribuição das respostas por item (barras empilhadas; escala Likert 1-5).

Figura 18. Médias por eixo avaliativo do App GeoMol (escala Likert 1–5).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nomes e exemplos de estruturas moleculares dos 14 modelos.

Tabela 2. Categorias de respostas dos estudantes à questão 1 do questionário prévio.

Tabela 3. Categorias de respostas dos estudantes à questão 2 do questionário prévio.

Tabela 4. Categorias de respostas dos estudantes à questão 3 do questionário prévio.

Tabela 5. Categorias de respostas dos estudantes à questão 4 do questionário prévio.

Tabela 6. Categorias de respostas dos estudantes à questão 1 do questionário do pós-teste.

Tabela 7. Categorias de respostas dos estudantes à questão 2 do questionário do pós-teste.

Tabela 8. Categorias de respostas dos estudantes à questão 3 do questionário do pós-teste.

Tabela 9. Categorias de respostas dos estudantes à questão extra do questionário do pós-teste.

Tabela 10. Síntese dos resultados por eixo avaliativo.

Tabela 11. Estatística descritiva por item (escala Likert 1-5; N = 12).

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Organização da aula 1. Introdução à Geometria Molecular.

Quadro 2. Organização da aula 2. Simulação Computacional da Geometria Molecular.

Quadro 3. Organização da aula 3. Experimentação com Simulação Computacional de Geometria Molecular (PhET).

Quadro 4. Organização da aula 4. Experimentação sobre Geometria Molecular e Polaridade das moléculas.

Quadro 5. Categorias emergentes na questão extra (síntese).

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
PCK	<i>Pedagogical Content Knowledge</i>
PhET	<i>Physics Education Technology</i>
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TPACK	<i>Technological Pedagogical and Content Knowledge</i>
UFV	Universidade Federal de Viçosa
VSEPR	Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo Geral	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1. Os saberes docentes	18
3.2. O Ensino de Química com ênfase na geometria molecular.....	19
3.2.1. A Teoria VSEPR	20
3.2.2. Metodologias Ativas e Protagonismo Discente.....	21
3.2.3. Interdisciplinaridade e Aprendizagem Significativa no Ensino de Química.....	22
3.3. A formação de professores de química no contexto das tecnologias digitais	23
3.3.1. Construcionismo de Seymour Papert	23
3.3.2. Estimulando a criatividade	24
3.4. Sequências didáticas com base na metodologia de ensino por investigação.....	24
3.5. Ensino por investigação.....	25
3.6. O MIT APP Inventor e o Construcionismo de Seymour Papert	26
3.6.1. Conhecendo e acessando a plataforma	27
3.6.2. As possibilidades do App Inventor no ensino e aprendizagem.....	27
3.6.3. Lógica de programação influenciando o raciocínio abstrato.....	28
4. METODOLOGIA.....	28
4.1. Contexto de Desenvolvimento da Pesquisa.....	28
4.2. Classificação da Pesquisa	29
4.3. Desenvolvimento do Aplicativo	30
4.4. Encaminhamentos necessários para realização da pesquisa no ambiente escolar.....	37
4.4.1. Apresentação do projeto de pesquisa.....	37
4.4.2. Submissão do projeto de pesquisa ao CEP	38
4.4.3. Início da aplicação da pesquisa	38

4.5. Etapas para desenvolvimento das atividades.....	38
4.5.1. Primeira Etapa - Análises prévias.....	38
4.5.2. Segunda Etapa - Desenvolvimento da Sequência Didática.....	39
4.5.3. Terceira Etapa - Ensino mediada pela tecnologia da informação	41
4.5.4. Quarta Etapa - Simulação das estruturas no laboratório de informática	44
4.5.5. Quinta Etapa - Simulação das geometrias moleculares com balões de festas e teste de polaridade das moléculas.	46
4.5.6. Sexta Etapa - Apresentação do aplicativo educacional GeoMol.....	50
4.5.7. Sétimas Etapa - Análise à posteriori.....	52
4.5.8. Metodologia de Análise de Dados.....	52
4.5.9. Declaração de uso de Inteligência Artificial (IA) generativa no desenvolvimento do trabalho como ferramenta de apoio a escrita.	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1. Análises do questionário prévio – Anexo I	55
5.2. Análises do questionário pós-teste – Anexo II.....	61
5.3. Avaliação do aplicativo – Anexo III.....	71
5.3.1. Resultados por Eixo Avaliativo	74
5.3.2. Resultados por item	75
5.3.3. Análise qualitativa da questão aberta	75
5.3.4. Discussão à luz do referencial teórico e das TDIC.....	76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
7. REFERÊNCIAS	79
8. SOBRE O AUTOR.....	84
ANEXO I - QUESTIONÁRIO PRÉVIO.....	85
ANEXO II – QUESTIONÁRIO PÓS - TESTE.....	86
ANEXO III - AVALIAÇÃO DO APLICATIVO	87
ANEXO IV - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	90
ANEXO V - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	93

ANEXO VI - TERMO DE ANUÊNCIA DA ESCOLA PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA	96
ANEXO VII - PARECER DO CEP	97
APÊNDICE - Produto Educacional: GeoMol – Apresentação e Guia de uso.	103

1. INTRODUÇÃO

O estudo da Geometria Molecular é um tema muito importante na Química, pois contribui para explicar como a organização espacial dos átomos influencia propriedades e comportamentos das substâncias. Ainda assim, trata-se de um conteúdo frequentemente mal compreendido por estudantes, principalmente por envolver a construção de modelos mentais tridimensionais a partir de representações simbólicas e bidimensionais presentes em livros, lousa e exercícios escolares (Martins *et al.*, 2020). No contexto do Ensino de Química, essa dificuldade evidencia um desafio recorrente: transformar conceitos abstratos em explicações e representações que possam ser visualizadas, discutidas e reconstruídas pelos estudantes de modo significativo (Lima *et al.*, 2024).

De acordo com Martins *et al.* (2020), a dificuldade em visualizar modelos geométricos em três dimensões pode aparecer ainda no Ensino Fundamental durante o estudo de Geometria Espacial, na disciplina de Matemática. Assim, quando o estudante chega ao Ensino Médio e se depara com Geometria Molecular, ele logo pode transpor sua dificuldade em Matemática para a Química, já que precisará de algumas habilidades, como conhecer a Geometria Espacial e Plana, noções de profundidade e espaço, além da capacidade de desenhar figuras tridimensionais. Essa condição torna a aprendizagem de Geometria Molecular desafiadora, pois exige do estudante um esforço de abstração e visualização que nem sempre foi desenvolvido de forma consistente ao longo de sua trajetória escolar. Além disso, a forma como cada sujeito visualiza estruturas complexas depende tanto de sua base teórica quanto de sua preparação visual prévia, o que impacta diretamente o entendimento de arranjos moleculares e da lógica explicativa que os sustenta (Lima *et al.*, 2024).

Diante disso, estratégias de ensino que ampliem as possibilidades de representação e manipulação de modelos podem contribuir para reduzir barreiras de aprendizagem e favorecer a compreensão do tema. Entre essas estratégias, podemos citar o uso de modelos concretos e atividades de modelagem, que possibilitam tornar o “invisível” mais acessível ao estudante, promovendo aproximações entre teoria e representação (Menezes *et al.*, 2017; Setti *et al.*, 2019).

Além da utilização de modelos concretos, há também as possibilidades abertas pelo uso de recursos digitais, como softwares e simulações, que permitem explorar diferentes estruturas, comparar arranjos e investigar efeitos de pares eletrônicos e ângulos de ligação de forma dinâmica e visual, oferecendo suporte importante ao raciocínio espacial (Raupp *et al.*, 2009). Nos últimos anos, além dos computadores, observa-se a crescente presença de dispositivos móveis (smartphones e tablets) no cotidiano dos estudantes, o que pode aumentar

as oportunidades de integração das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) ao ensino. Esses dispositivos apresentam como característica a mobilidade, permitindo que atividades de estudo, revisão e prática sejam realizadas em diferentes tempos e espaços, inclusive fora do ambiente escolar. Quando adequadamente orientado, esse uso pode favorecer a aprendizagem móvel (*mobile learning*), a qual pode ser entendida como uma forma de aprendizagem mediada por tecnologias móveis em contextos formais e informais, com potencial para ampliar a autonomia do estudante e diversificar experiências de aprendizagem (Nichele; Canto, 2016; Leite, 2014). Entretanto, é importante lembrar que a simples introdução de tecnologia não garante melhoria pedagógica, e que a utilização desses recursos requer intencionalidade didática e mediação docente (Alves *et al.*, 2021).

Nesse contexto, podemos utilizar a plataforma MIT App Inventor, um ambiente gratuito e acessível de desenvolvimento de aplicativos, programado para que pessoas com diferentes níveis de instrução possam criar recursos digitais por meio de programação em blocos. Além de permitir a produção de aplicativos educacionais voltados a necessidades concretas da sala de aula, a plataforma pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento computacional e de habilidades associadas ao raciocínio lógico e abstrato, ao exigir planejamento, testagem e organização de comandos e tomadas de decisão durante o processo de construção do aplicativo.

Com base nas informações apresentadas, esta pesquisa foi delineada com o propósito de desenvolver um aplicativo didático-pedagógico, com ênfase no ensino do tema Geometria Molecular, e em seguida aplicar uma sequência didática mediada por TDIC, relacionada ao ensino de Geometria Molecular, integrando aulas expositivas dialogadas, o uso de simulação computacional e atividades experimentais, culminando na utilização do aplicativo educacional desenvolvido no MIT App Inventor, denominado GeoMol. A proposta busca, assim, contribuir para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de Geometria Molecular, o qual é abordado na 1ª série do Ensino Médio, articulando o potencial da aprendizagem móvel à necessidade de ampliar as oportunidades de visualização, prática e consolidação conceitual. Além disso, buscamos entender a viabilidade da utilização pedagógica do aplicativo e as percepções dos estudantes sobre seu uso como recurso didático, considerando dimensões como usabilidade, organização, estabilidade e contribuição para o estudo do tema.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver e aplicar uma sequência didática mediada por Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), incluindo a simulação PhET e o aplicativo educacional GeoMol (criado na plataforma MIT App Inventor), com o propósito de favorecer o ensino e a aprendizagem do conteúdo de Geometria Molecular para um grupo de estudantes de duas turmas da 1ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres, localizada no município de Viçosa–MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Construir o aplicativo educacional GeoMol, utilizando a plataforma MIT App Inventor, com base no modelo VSEPR, contemplando diferentes geometrias moleculares e um conjunto de desafios/questões para estudo, prática e revisão do conteúdo;
- Planejar e desenvolver uma sequência didática para o ensino de Geometria Molecular, composta por etapas articuladas (diagnóstico inicial, aulas expositivas dialogadas, simulação computacional, atividade experimental e uso do aplicativo), visando promover progressão conceitual e integração entre diferentes estratégias de ensino;
- Aplicar a sequência didática com estudantes das duas turmas, garantindo condições de participação e acesso aos recursos, incluindo organização em duplas/grupos quando necessário e orientação de uso da simulação e do aplicativo;
- Verificar as concepções iniciais dos estudantes sobre Geometria e Geometria Molecular por meio do questionário prévio, de modo a subsidiar o planejamento e a mediação pedagógica das etapas futuras;
- Analisar possíveis avanços conceituais e indícios de aprendizagem após a intervenção pedagógica, por meio do pós-teste, considerando respostas discursivas, representações gráficas e desempenho em itens objetivos, com comparação entre momentos pré e pós-intervenção;
- Avaliar a viabilidade pedagógica do aplicativo GeoMol a partir da percepção dos estudantes, considerando dimensões como funcionalidade e precisão, usabilidade e interface, recursos educacionais, desempenho/estabilidade e engajamento/experiência do usuário;
- Integrar os resultados qualitativos e quantitativos dos diferentes instrumentos de coleta, articulando desempenho, representações, comentários e percepções dos estudantes, a fim de interpretar de maneira abrangente as contribuições da sequência didática mediada por TDIC para a aprendizagem de Geometria Molecular.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Em um mundo fortemente influenciado pelos meios de comunicação e pela alta tecnologia, a escola é desafiada a redefinir objetivos e práticas pedagógicas, o que implica repensar o currículo, as metodologias e o papel do professor diante das demandas contemporâneas. Nesse sentido, a inserção de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no cotidiano escolar não se reduz à disponibilidade de equipamentos, mas exige mudanças nas dinâmicas pedagógicas e na organização do trabalho escolar (Franco Neto; Silva, 2008).

Conforme argumenta Bonilla (2005), a contemporaneidade demanda reconfigurações curriculares e metodológicas para que as tecnologias assumam papel estruturante nas práticas pedagógicas:

É necessário que a escola proponha dinâmicas pedagógicas que não se limitem a transmissão ou disponibilização de informações, inserindo nessas dinâmicas as tecnologias de informação e comunicação, de forma a reestruturar a organização curricular fechada e as perspectivas conteudistas que vêm caracterizando-a (Bonilla, 2005, p. 91).

Embora parte dos docentes ainda demonstre resistência ou insegurança para integrar TDIC às aulas, as mesmas, quando empregadas de modo intencional e crítico, podem favorecer práticas colaborativas, ampliar a motivação dos estudantes e sustentar aprendizagens em diferentes tempos e espaços (Alves; Pontes; Lima-Junior, 2021; Nichele; Canto, 2016).

3.1. Os saberes docentes

A compreensão dos saberes docentes constitui base para analisar como professores planejam, decidem e atuam em contextos mediados por TDIC. De acordo com Tardif (2002) é importante compreender os saberes docentes como um conjunto heterogêneo, construído historicamente e mobilizado na prática, integrando saberes da formação profissional, saberes disciplinares, curriculares e experienciais. Esses saberes não se organizam de forma isolada; ao contrário, articulam-se no cotidiano escolar, orientando escolhas didáticas, formas de avaliação e modos de interação com os estudantes.

Além disso, Shulman (1986) destaca que ensinar envolve mais do que dominar o conteúdo: requer transformá-lo em formas pedagogicamente compreensíveis, o que se expressa no Conhecimento do Conteúdo Pedagógico (*Pedagogical Content Knowledge* - PCK). No ensino de Química, o PCK envolve, por exemplo, antecipar dificuldades típicas dos estudantes,

selecionar representações adequadas e planejar estratégias para transitar entre níveis de explicação macro, submicro e simbólico (Dejene, K e Belachew, 2023)

Quando se incorpora tecnologia, emerge a necessidade de compreender a integração entre conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo. O modelo Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo - TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*), abordado por Mishra e Koehler (2006) auxilia a interpretar como o professor articula recursos digitais (conhecimento tecnológico) às estratégias de ensino (conhecimento pedagógico) e aos conceitos químicos (conhecimento de conteúdo), evitando tanto o uso instrumental quanto a substituição de objetivos formativos por efeitos tecnológicos.

Assim, discutir saberes docentes no âmbito desta dissertação significa reconhecer que a adoção de TDIC, simulações e aplicativos dependem de decisões pedagógicas ancoradas em conhecimentos profissionais e experienciais, alinhadas ao currículo e ao diagnóstico das concepções prévias dos estudantes, em concordância com a perspectiva da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel (Ausubel, 2003).

3.2. O Ensino de Química com ênfase na geometria molecular

De acordo com Martins; De Freitas; De Vasconcelos (2020), o Ensino de Química, para muitos estudantes, é percebido como complexo, exigindo elevado nível de abstração e capacidade de operar com modelos que não são diretamente observáveis. Esse desafio torna-se ainda mais evidente em conteúdos que exigem visualização espacial, como a Geometria Molecular, pois envolve compreender arranjos tridimensionais de átomos, pares eletrônicos e ângulos de ligação no espaço (Melo; Lima Neto, 2013).

A literatura voltada para o Ensino de Química aponta que dificuldades conceituais podem persistir quando o ensino se apoia predominantemente em representações bidimensionais observadas majoritariamente em livros e quadros, sem mediações que favoreçam a construção de modelos mentais tridimensionais (Gilbert; Treagust, 2009; Sebata, 2006). Oliveira, Guimaraes e Vianna (2024) ressaltam que observar uma fórmula estrutural no papel e imaginar sua estrutura em três dimensões não é tarefa simples, defendendo o uso de softwares e modelos como recursos para promover aprendizagem potencialmente significativa.

No campo das concepções alternativas, Taber (2002) enfatiza a importância de prevenir, diagnosticar e tratar equívocos conceituais por meio de intervenções que explicitem modelos científicos e favoreçam reconstruções cognitivas. Johnstone (1993) argumenta que muitos obstáculos de aprendizagem decorrem da dificuldade de transitar entre níveis de representação na Química, especialmente entre o submicroscópico e o simbólico; por isso,

estratégias que ampliem a visualização e a manipulação de modelos contribuem para reduzir a carga cognitiva e favorecer a compreensão conceitual.

Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular em sua habilidade EM13CNT203 enfatiza a interpretação de resultados e a realização de previsões com base em dados oriundos de investigações e simulações, o que fundamenta o uso de aplicativos e recursos digitais como mediadores no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, a mesma orienta que os estudantes desenvolvam habilidades de comunicação e de uso de diferentes linguagens e mídias, incluindo TDIC, para interpretar e apresentar resultados científicos (Brasil, 2018). Há também os documentos orientadores estaduais que destacam a avaliação de aplicações do conhecimento científico e tecnológico e a comunicação de descobertas em múltiplos contextos e mídias (Minas Gerais, 2024).

As competências e habilidades citadas podem ser exemplificadas pelos trechos a seguir:

EM13CNT203: [...] utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p. 557).

EM13CNT302: Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural (Brasil, 2018, p. 559).

Competência 3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (Minas Gerais, 2024, p. 54).

3.2.1. A Teoria VSEPR

A Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valencia (VSEPR - *Valence Shell Electron-Pair Repulsion*) tem suas bases nos estudos desenvolvidos por Nevil Sidgwick e Herbert Powell, na década de 1940, ao proporem que a geometria molecular poderia ser compreendida a partir da organização espacial dos pares de elétrons ao redor do átomo central, orientando-se pela minimização das repulsões eletrônicas (Sidgwick; Powell, 1940). Nessa perspectiva inicial, já se evidencia a tentativa de relacionar a estrutura molecular a princípios de natureza eletrostática, conferindo maior poder explicativo à compreensão das formas das moléculas.

Posteriormente, essas proposições foram aprofundadas por Ronald Gillespie, em 1957, ao sistematizar o modelo VSEPR e introduzir um aspecto fundamental para sua consolidação: a distinção entre pares de elétrons ligantes e não ligantes, destacando que estes últimos exercem maior repulsão no arranjo espacial (Gillespie; Nyholm, 1957). Esse refinamento permitiu não apenas ampliar o alcance explicativo do modelo, mas também compreender as variações e distorções observadas nas geometrias moleculares ideais.

Em síntese, o modelo considera que regiões de densidade eletrônica ao redor do átomo central (pares ligantes e pares não ligantes) repelem-se e tendem a organizar-se de modo a maximizar a distância entre si, minimizando repulsões. A partir do número de regiões eletrônicas, estabelece-se a geometria de pares eletrônicos (arranjo eletrônico) e, em seguida, a geometria molecular, considerando apenas os átomos ligados ao centro. A presença de pares não ligantes intensifica repulsões e pode reduzir ângulos de ligação, explicando, por exemplo, a geometria angular da água (H_2O) e a linearidade do dióxido de carbono (CO_2) (Russel, 2004).

No contexto didático, a abordagem VSEPR ganha potência quando articulada a representações tridimensionais, modelos físicos e simulações, pois favorece a compreensão do nível submicroscópico, frequentemente apontado como um dos maiores desafios no ensino de geometria molecular (Gilbert; Treagust, 2009; Johnstone, 1993).

3.2.2. Metodologias Ativas e Protagonismo Discente

A superação de abordagens exclusivamente expositivas demanda estratégias que ampliem o protagonismo discente, principalmente em temas abstratos, o que pode favorecer a construção ativa do conhecimento e levar os estudantes a atribuir significado (Freire, 2010; Ausubel, 2003; Moran, 2015).

As metodologias ativas compreendem um conjunto de abordagens em que o estudante participa de modo mais autônomo e responsável pela aprendizagem, envolvendo resolução de problemas, investigação, colaboração e produção (Bacich; Moran, 2018). Conforme abordado por Souza (2019) dentre as metodologias ativas mais utilizadas estão a Aprendizagem Baseada em Problemas, a Aprendizagem Baseada em Projetos, e a sala de aula invertida.

De acordo Oliveira; Guimaraes; Vianna (2024), no ensino de Geometria Molecular, propostas que combinam problematização, modelagem e uso de softwares podem funcionar como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, articulando conhecimentos prévios e novos conceitos de modo estruturado.

Na perspectiva freiriana, o diálogo e a problematização constituem elementos centrais para evitar uma educação “bancária” e promover a construção coletiva do conhecimento

(Freire, 2010). Em atividades mediadas por TDIC, o diálogo pode se expressar tanto nas interações presenciais quanto na negociação de significados durante a exploração de simulações, a interpretação de resultados e a justificativa de escolhas feitas pelos estudantes, uma vez que a aprendizagem se constrói em práticas dialógicas e problematizadoras, nas quais os sujeitos argumentam, explicam e revisam compreensões (Freire, 2010; Mortimer; Scott, 2003).

Além disso, estudos sobre simulações computacionais indicam que esses recursos favorecem a investigação, a interpretação de evidências e a tomada de decisão, especialmente quando acompanhados de mediação pedagógica e de atividades que exijam explicitação de raciocínios e justificativas (De Jong; Van Joolingen, 1998; Smetana; Bell, 2012).

3.2.3. Interdisciplinaridade e Aprendizagem Significativa no Ensino de Química

O desenvolvimento deste trabalho configura-se como uma atividade de caráter interdisciplinar, ao integrar conhecimentos da Química, da Matemática e da Programação, em concordância com as orientações presentes nos documentos oficiais que regem a Educação Básica. Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2018) destacam a importância da integração entre diferentes áreas do conhecimento, ao defenderem que o currículo deve promover abordagens metodológicas tendo em vista que, “a contextualização e a interdisciplinaridade devem assegurar a articulação entre diferentes áreas do conhecimento, propiciando a interlocução dos saberes para a solução de problemas complexos” (Brasil, 2018, p. 10).

De acordo com Lima, *et al* (2024), ensinar de forma integrada e interdisciplinar “pode proporcionar uma ampliação do interesse e da motivação do estudante para o tema, bem como potencializar a aprendizagem” (Lima, *et al*, 2024, p.82), pois todos os conteúdos interagem e constroem um sentido lógico, crítico e reflexivo, conectado à realidade dos alunos.

Conforme Moreira (2010) é fundamental ressaltar que a aprendizagem significativa é definida pela interação entre conhecimentos pré-existentes e novos conhecimentos, sendo essa interação não literal e não arbitrária. Durante esse processo, os novos conhecimentos ganham significado para o indivíduo, enquanto os conhecimentos pré-existentes adquirem novos significados ou se tornam cognitivamente mais estáveis.

Nessa perspectiva, a aprendizagem significativa constitui um referencial teórico relevante, conforme proposto por Ausubel (2003), ao compreender o processo de aprendizagem como resultante da interação entre as concepções iniciais, fruto da realidade de cada estudante e os novos conhecimentos.

3.3. A formação de professores de química no contexto das tecnologias digitais

A incorporação de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no ensino de Química demanda que a formação inicial e continuada integre, de modo articulado, dimensões técnicas, pedagógicas e epistemológicas, de modo que o professor compreenda tanto o funcionamento dos recursos quanto seus potenciais e limites para a aprendizagem de conceitos científicos (Almeida, 2011; Mishra; Koehler, 2006; Moran, 2015).

Nichele e Canto (2016) discutem o potencial de smartphones e tablets em atividades de Química, destacando que a mobilidade pode ampliar oportunidades de aprendizagem para além da sala de aula e aproximar o estudo de situações do cotidiano. Alves, Pontes e Lima-Junior (2021), ao analisarem o uso de um aplicativo para Geometria Molecular na perspectiva do *mobile learning*, indicam que recursos móveis podem favorecer a visualização, a interatividade e a autonomia discente, desde que alinhados a objetivos de aprendizagem e sustentados por mediação docente.

Contudo, a simples introdução de dispositivos não assegura qualidade pedagógica. Torna-se necessário que o professor desenvolva critérios para selecionar, avaliar e integrar recursos digitais (por exemplo, usabilidade, clareza conceitual, adequação ao nível escolar e potencial para promover interações significativas). Nesse sentido, o modelo TPACK contribui ao explicitar que a integração tecnológica efetiva emerge da interseção entre conhecimentos de conteúdo, pedagógicos e tecnológicos, evitando práticas tecnicistas e orientando decisões didáticas com intencionalidade (Mishra; Koehler, 2006).

3.3.1. Construcionismo de Seymour Papert

A aprendizagem móvel (*m-learning*) refere-se a processos apoiados por tecnologias móveis e sem fio, caracterizados pela mobilidade do aprendiz e pela possibilidade de aprender em contextos formais e informais (Sacco; Schlemmer; Barbosa, 2010).

Nesse sentido, a formação docente deve contemplar também o desenho de atividades, estratégias de acompanhamento e critérios éticos (privacidade e uso responsável de dados). Ao articular essas discussões ao Construcionismo de Seymour Papert, reforça-se que TDIC ganham potência pedagógica quando favorecem que estudantes produzam artefatos/representações compartilháveis, aprendendo no processo de construir, testar, depurar e justificar escolhas, isto é, quando a tecnologia sustenta experiências de “aprender fazendo” com significado e reflexão (Papert, 1980; Papert, 1991).

3.3.2. Estimulando a criatividade

No ensino de Química, aplicativos e simulações podem ser compreendidos não apenas como meios de acesso à informação, mas como ambientes de criação e experimentação que ampliam a autoria discente e, ao mesmo tempo, exigem mediação intencional do professor para garantir foco conceitual e rigor explicativo.

3.4. Sequências didáticas com base na metodologia de ensino por investigação

Sequências didáticas (SD) podem ser compreendidas como um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas, planejadas” para alcançar objetivos de aprendizagem, com um percurso de trabalho coerente e intencional (Zabala, 1998). Ao serem organizadas em “etapas encadeadas” como “diagnóstico, desenvolvimento, sistematização e avaliação” as SD permitem explicitar objetivos, definir critérios de acompanhamento e orientar uma progressão conceitual ao longo do tempo (Méheut; Psillos, 2004).

Essa estrutura favorece a integração de diferentes estratégias e recursos (aula dialogada, atividades investigativas, experimentação, simulações e uso de aplicativos), mantendo a unidade do percurso formativo e a consistência entre o que se propõe, o que se realiza e o que se avalia (Carvalho, 2018; Zabala, 1998).

Ao estruturar o trabalho pedagógico dessa forma, o professor cria condições para mobilizar conhecimentos prévios e promover aprendizagem significativa, na medida em que novos conceitos são introduzidos, retomados e progressivamente diferenciados, ancorando-se em ideias já presentes na estrutura cognitiva do estudante e sendo estabilizados por sucessivas revisões e reconstruções (Ausubel, 2003; Moreira, 2010).

Dessa forma, podemos entender que: quando a sequência inclui momentos de problematização, debate e construção coletiva de explicações, ela se aproxima de uma perspectiva dialógica, na qual o estudante participa ativamente, argumenta, justifica escolhas e ressignifica compreensões ao longo das etapas, superando práticas centradas apenas na transmissão (Freire, 2010).

No ensino de Química, essa organização em etapas é particularmente relevante porque muitos conceitos exigem transitar entre diferentes níveis de representação e linguagens. Ao longo de uma sequência didática, é possível planejar transições orientadas entre o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico, reduzindo rupturas e favorecendo a compreensão de modelos abstratos, como os envolvidos na Geometria Molecular (Johnstone, 1993; Talanquer, 2011).

Além disso, a integração de múltiplas representações como os desenhos, modelos físicos, simulações e linguagem simbólica, deixa de ser pontual e passa a constituir uma estratégia sistemática, apoiando a construção de significados e evitando que o estudante fique “preso” a uma única forma de representar o fenômeno (Gilbert; Treagust, 2009; Justi, 2004).

Quando a sequência incorpora TDIC (simulações e aplicativos), o planejamento por etapas também ajuda a controlar a carga cognitiva e a manter o foco conceitual, pois o uso de recursos multimodais tende a ser mais efetivo quando articulado a objetivos claros, orientações de exploração e momentos de síntese (Mayer, 2009; Sweller; Ayres; Kalyuga, 2011). Assim, podemos dizer que as sequências didáticas permitem organizar um percurso em que diferentes métodos e recursos se complementam, potencializando a aprendizagem e oferecendo evidências mais consistentes para avaliação formativa e somativa do desenvolvimento conceitual.

3.5. Ensino por investigação

No ensino por investigação, a sequência é estruturada para envolver os estudantes em práticas próximas as da atividade científica, como formular perguntas, levantar hipóteses, planejar procedimentos, coletar e interpretar evidências e por fim comunicar conclusões (Carvalho, 2013).

Historicamente, o ensino por investigação se consolidou como resposta a limitações de abordagens centradas na transmissão, aproximando a aprendizagem escolar de processos de produção de conhecimento. No ensino de Química, essa perspectiva ganhou força ao enfatizar a necessidade de compreender fenômenos com base em evidências e modelos, articulando experimentação, argumentação e representações (Zompero; Laburú, 2011).

O papel do professor no ensino por investigação envolve desenhar situações-problema, criar condições para exploração e diálogo, acompanhar a argumentação dos estudantes e oferecer intervenções oportunas, sem retirar o protagonismo discente. Essa mediação é coerente tanto com a pedagogia problematizadora de Freire (2010) quanto com a aprendizagem significativa de Ausubel (2003), pois considera conhecimentos prévios e promove novas ancoragens conceituais.

No campo da experimentação investigativa, atividades práticas podem ir além de demonstrações para tornar-se oportunidades de descoberta, experimentação, levantamento de hipótese e desenvolvimento cognitivo, em que os estudantes tomam decisões, registram dados e justificam conclusões. Nesse sentido, as simulações computacionais e aplicativos móveis podem complementar ou anteceder experimentos, permitindo testar hipóteses com segurança, visualizar entidades submicroscópicas e comparar modelos com fenômenos, ampliando o

repertório de evidências disponíveis (Gilbert; Treagust, 2009; Alves; Pontes; Lima-Junior, 2021).

A articulação entre ensino por investigação e *mobile learning* pode potencializar o acompanhamento das atividades, a coleta de registros (anotações, imagens, respostas em formulários) e a continuidade da aprendizagem em casa. Todavia, requer planejamento didático e critérios de avaliação compatíveis, bem como orientações claras sobre o uso ético e responsável dos dispositivos (Nichele; Canto, 2016; Saccol; Schlemmer; Barbosa, 2010).

3.6. O MIT APP Inventor e o Construcionismo de Seymour Papert

O MIT App Inventor é uma plataforma gratuita, baseada na web, desenvolvida inicialmente pelo Google e posteriormente mantida pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), que permite criar aplicativos para dispositivos móveis, com sistema operacional Android, por meio de uma interface intuitiva.

Sua principal característica é o uso de programação por blocos, na qual comandos e estruturas lógicas são montados por encaixe, reduzindo barreiras iniciais de sintaxe e facilitando a compreensão de conceitos fundamentais da lógica de programação. Essa abordagem favorece que pessoas com pouca experiência em programação possam concentrar esforços em aspectos como funcionalidade, design de interface, organização de conteúdo e objetivos educacionais do aplicativo.

Do ponto de vista pedagógico, o App Inventor se aproxima de uma perspectiva em que a tecnologia não é apenas consumida, mas produzida, o que desloca o estudante (ou o professor) para a condição de autor. Essa característica se articula ao construcionismo de Papert, para o qual aprender é potencializado quando o sujeito constrói algo compartilhável, revisa suas ideias e aperfeiçoa seu produto a partir de testes e reflexões (Papert, 1980; Papert, 1991). Assim, o App Inventor pode funcionar como um ambiente favorável para o desenvolvimento de práticas de autoria digital e para a elaboração de recursos alinhados a demandas reais da sala de aula.

O desenvolvimento e o uso de aplicativos educacionais no contexto escolar têm se consolidado como uma possibilidade concreta de integração das TDIC ao processo de ensino e aprendizagem, especialmente quando se busca articular autoria docente, personalização de recursos e aproximação com a cultura digital dos estudantes (Papert, 1994; Almeida, 2011; Moran, 2015).

Nesse cenário, o MIT App Inventor destaca-se como uma plataforma de programação visual voltada à criação de aplicativos móveis, permitindo que professores e estudantes

desenvolvam soluções digitais sem a exigência de domínio prévio de linguagens de programação tradicionais.

Devido ao seu caráter acessível, o App Inventor pode ser compreendido como uma tecnologia que favorece abordagens alinhadas ao construcionismo, ao valorizar a aprendizagem por meio da produção e uso de seus próprios aplicativos que podem ser potencialmente significativos (Papert, 1980; Papert, 1991), e ao *mobile learning*, ao possibilitar o uso pedagógico de smartphones e tablets em diferentes contextos de aprendizagem (Saccol; Schlemmer; Barbosa, 2010; Nichele; Canto, 2016).

3.6.1. Conhecendo e acessando a plataforma

O App Inventor é acessado por navegador, demandando apenas uma conta Google para login e utilização dos recursos de desenvolvimento. A plataforma é organizada em dois ambientes complementares: o Designer, voltado à construção da interface gráfica (telas, botões, campos, imagens, listas etc.), e o Editor de Blocos, destinado à programação do comportamento do aplicativo por meio do encaixe de comandos lógicos. Essa separação favorece a compreensão do processo de desenvolvimento: primeiro, estrutura-se o que o usuário vê e manipula; em seguida, define-se como o aplicativo responde às interações.

Além disso, o App Inventor possibilita testar o aplicativo durante o desenvolvimento por meio de emulador ou instalação direta no dispositivo móvel, o que promove ciclos rápidos de experimentação e depuração. Esse processo de criação-testagem-ajuste aproxima-se de uma lógica investigativa e iterativa, na qual erros são tratados como parte do percurso de aprendizagem. Em termos educacionais, isso pode favorecer atitudes de persistência, revisão e aperfeiçoamento, coerentes com a ideia de aprendizagem como construção progressiva (Papert, 1994).

3.6.2. As possibilidades do App Inventor no ensino e aprendizagem

No contexto escolar, o App Inventor pode ser utilizado tanto como ferramenta para criação de recursos didáticos pelo professor quanto como estratégia para projetos de autoria e aprendizagem ativa com estudantes. Para o professor, a plataforma permite desenvolver aplicativos sob medida para conteúdos específicos, criando ambientes de estudo com desafios, feedback, recursos multimídia e organização de informações, o que pode contribuir para o engajamento e para a consolidação de conceitos. Para os estudantes, possibilita projetos em que o conhecimento curricular é mobilizado na resolução de problemas e na criação de produtos digitais.

Em Química, aplicações possíveis incluem: bancos de questões, jogos educativos, guias de estudos, simuladores simples, aplicativos de consulta e materiais interativos que auxiliem o estudante a lidar com conteúdo abstratos e com representações múltiplas. Nesse sentido, a produção e o uso de aplicativos dialogam com a perspectiva de que o ensino de Ciências deve favorecer o trânsito entre diferentes formas de representação e expressão do conhecimento, especialmente quando se trabalha com conteúdo estruturais e modelagens (Gilbert; Treagust, 2009; Justi, 2004).

Além disso, por ser uma tecnologia voltada a dispositivos móveis, o App Inventor se conecta à aprendizagem móvel, ampliando oportunidades de estudo em diferentes tempos e espaços (Saccol; Schlemmer; Barbosa, 2010; Nichele; Canto, 2016).

3.6.3. Lógica de programação influenciando o raciocínio abstrato

A programação por blocos utilizada no App Inventor, embora simplifique o acesso, não elimina o desafio cognitivo associado ao pensamento lógico. Pelo contrário, ao exigir que o usuário organize condições, eventos, variáveis e sequências de ações, a plataforma mobiliza habilidades como abstração, análise de problemas, planejamento, testagem de hipóteses e depuração. Esses processos podem influenciar o desenvolvimento de raciocínio abstrato, pois estimulam a construção de relações do tipo “se... então...”, a antecipação de consequências e a identificação de padrões (Papert, 1994).

Esse aspecto pode ser relevante no ensino de Química, uma vez que vários conceitos exigem pensamento abstrato, construção de modelos e articulação entre níveis de explicação. Assim, ao trabalhar com lógica de programação, cria-se uma oportunidade de fortalecer capacidades cognitivas que também são requeridas para compreender modelos químicos e suas representações (Johnstone, 1993; 2000).

Em perspectiva construcionista, a depuração de um programa não é apenas correção técnica: é uma forma de tornar o pensamento explícito e reestruturá-lo, favorecendo aprendizagens por meio do fazer e do refletir sobre o que se fez (Papert, 1980; Papert, 1991). Portanto, o uso do App Inventor pode contribuir tanto para a criação de recursos educacionais quanto para a formação de sujeitos mais autônomos e reflexivos na resolução de problemas.

4. METODOLOGIA

4.1. Contexto de Desenvolvimento da Pesquisa

A presente pesquisa foi realizada na Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres, localizada no município de Viçosa-MG. A instituição atende estudantes do Ensino Fundamental

II e do Ensino Médio, nas modalidades de Ensino Médio Regular e Ensino Médio em Tempo Integral (EMTI), este último com caráter técnico profissionalizante em Logística. Em 2025, a escola contava com mais de 600 estudantes matriculados nos segmentos mencionados.

As atividades da pesquisa foram direcionadas a estudantes de duas turmas da primeira série do Ensino Médio, etapa em que, tradicionalmente, o conteúdo de Geometria Molecular é abordado e na qual o pesquisador também atua como professor regente da disciplina de Química. As turmas participantes correspondem, respectivamente, a uma turma do Ensino Médio Regular, atendida apenas no turno matutino, a qual era composta por 39 estudantes e a uma turma do EMTI, atendida em período integral, composta por 27 estudantes, com idades entre 15 e 17 anos.

Todos os estudantes das turmas citadas foram convidados a participar da pesquisa. Aqueles que optaram por não participar diretamente não sofreram qualquer tipo de constrangimento ou prejuízo pedagógico, uma vez que o conteúdo lecionado e as atividades propostas foram ofertados a todos. Assim, esses estudantes participaram normalmente das aulas, porém, os dados por eles gerados não foram considerados para fins de análise, em conformidade com as orientações do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

4.2. Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem metodológica mista, integrando procedimentos de natureza qualitativa e quantitativa, em função da diversidade dos instrumentos de coleta de dados e dos objetivos propostos.

A opção por uma abordagem mista fundamenta-se na possibilidade de articular diferentes tipos de dados, permitindo uma compreensão mais ampla e aprofundada do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de Geometria Molecular, bem como das percepções dos estudantes acerca do uso de tecnologias digitais como recurso pedagógico (Creswell, 2014).

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa possui caráter descritivo e exploratório, uma vez que busca descrever as concepções prévias e finais dos estudantes sobre Geometria Molecular e explorar os impactos de uma sequência didática mediada por tecnologias digitais no contexto do Ensino Médio.

Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa de campo, desenvolvida no ambiente escolar, envolvendo a aplicação de questionários, testes e atividades mediadas por recursos digitais, conforme classificação proposta por Gil (2008).





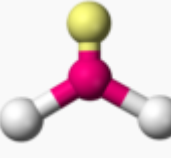
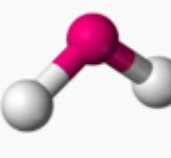
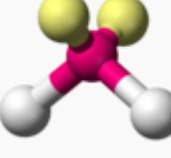
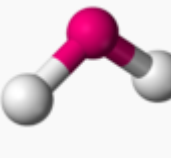
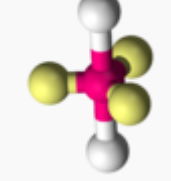

4.3. Desenvolvimento do Aplicativo

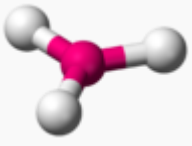
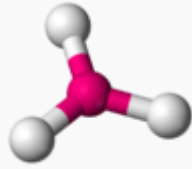
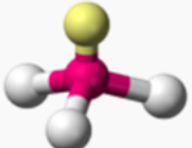
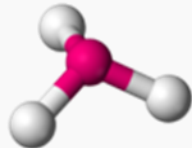
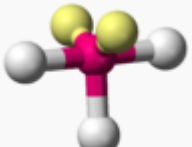
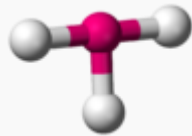
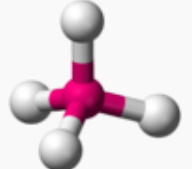
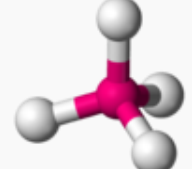
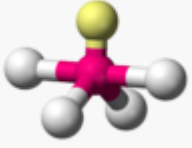
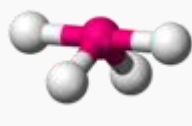

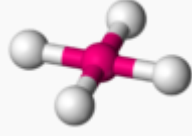
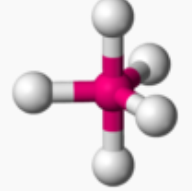
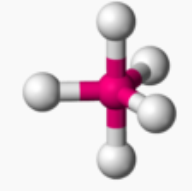
O presente trabalho teve entre suas etapas iniciais a elaboração do aplicativo denominado GeoMol. Para esse propósito, utilizou-se o App Inventor, uma ferramenta amplamente reconhecida para a criação de aplicativos móveis.

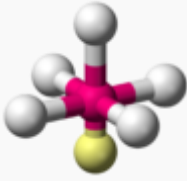
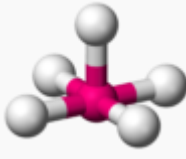



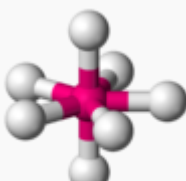
Este ambiente de programação permite proporcionar aos usuários com pouco ou nenhum conhecimento de programação, a experiência de desenvolver aplicativos para dispositivos Android de forma intuitiva.

Essa plataforma possibilitou o desenvolvimento de um aplicativo voltado ao estudo da Geometria Molecular, fundamentado nos 14 modelos apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Nomes e exemplos de estruturas moleculares dos 14 modelos

Tipo	Forma	Disposição (Arranjo Eletrônico)	Geometria Molecular	Exemplos
AX_1E_n	Molécula diatômica			HF, O ₂ , CO
AX_2E_0	Linear			BeCl ₂ , HgCl ₂ , CO ₂ , PbCl ₂
AX_2E_1	Angular			NO ₂ ⁻ , SO ₂ , O ₃
AX_2E_2	Angular em forma de "V"			H ₂ O, OF ₂ , SCl ₂
AX_2E_3	Linear			XeF ₂ , I ₃ ⁻

Tipo	Forma	Disposição (Arranjo Eletrônico)	Geometria Molecular	Exemplos
AX_3E_0	Trigonal planar			BF_3 , CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_3
AX_3E	Tetraedro			NH_3 , PCl_3
AX_3E_2	Forma de "T"			ClF_3 , BrF_3
AX_4E_0	Tetraédrica			CH_4 , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , ClO_4^-
AX_4E_1	Balanço			SF_4
AX_4E_2	Quadrada plana			XeF_4
AX_5E_0	Bi pirâmide trigonal			PCl_5

Tipo	Forma	Disposição (Arranjo Eletrônico)	Geometria Molecular	Exemplos
AX_5E_1	Pirâmide quadrangular			ClF_5, BrF_5
AX_6E_0	Octaédrica			SF_6
AX_7E_0	Bi pirâmide pentagonal			IF_7

Fonte: Adaptada de Azzellini (2017)

Algumas etapas foram seguidas para iniciar o projeto do Aplicativo.

Planejamento

Antes de começar a criar o aplicativo, foi importante planejar o que ele iria oferecer e quais recursos teriam. Algumas perguntas foram feitas a fim de ajudar na construção do App:

- Quais conceitos de Geometria Molecular serão abordados no aplicativo?
- Que tipo de informações ou recursos serão fornecidos aos usuários?
- Como serão apresentadas as informações?
- Que recursos de interação serão incluídos (desenhos, animações, jogos, etc.)?
- Como o usuário vai navegar e usar o aplicativo?

Aprendizado do App Inventor

Em seguida, foi necessário se familiarizar com o App Inventor. O site do MIT App Inventor oferece um conjunto completo de tutoriais para iniciantes, bem como documentação detalhada sobre todos os seus recursos e funcionalidades.

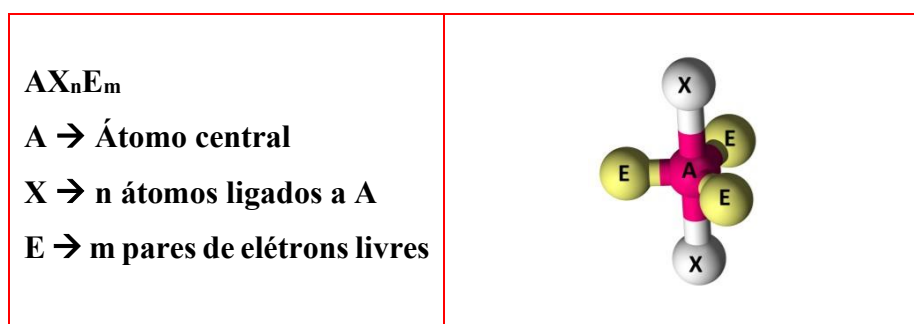
Criação do aplicativo

Depois de ter uma ideia clara do que se desejava criar e ter aprendido o básico do App Inventor, pode-se começar a criar o projeto. Para isso, começamos com recursos simples e

fomos adicionando novas informações gradualmente. Por exemplo, iniciamos com um aplicativo que apenas exibia informações sobre Geometria Molecular, depois adicionar recursos interativos, como imagens e número de acertos ao final de cada rodada de dez questões.

A seguir está descrito, de forma mais detalhada, como foi o desenvolvimento do aplicativo dentro da plataforma App Inventor. As moléculas usadas no aplicativo são CO₂, CS₂, H₂O, H₂S, SO₂, O₃, BF₃, SO₃, BCl₃, NH₃, XeF₂, PH₃, CH₄, SiCl₄, PCl₅, SF₆, CCl₄, SF₄, BrF₅, XeF₄. Serão quatorze modelos de geometrias moleculares, conforme apresentado na Tabela 1 e seguindo o padrão descrito na Figura 1.

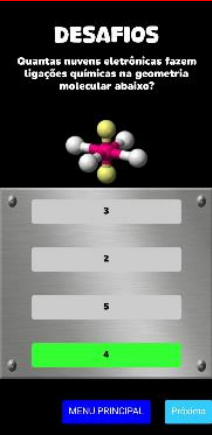
Figura 1. Padrão de representação dos átomos e pares de elétrons livres



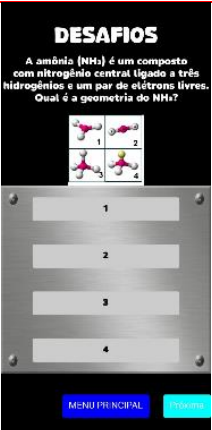
Fonte: próprio autor.

O modelo de Repulsão de Pares de Elétrons na Camada de Valência (VSEPR - *Valence Shell Electron - Pair Repulsion*) será usado para prever as formas das moléculas. Os testes, realizados dentro do aplicativo, foram feitos, baseados em um *template* único com três propostas como evidenciado na (Figura 2):


Figura 2. *Template* dos testes

<p>Dada uma estrutura geométrica dentre as 14 disponíveis e selecionada de forma aleatória.</p>	→	<p>Selecionar uma alternativa dentro das quatro opções, que tenha correspondência com a estrutura geométrica.</p>	
---	---	---	---

Dado um nome ou uma fórmula molecular de um composto químico e selecionado de forma aleatória. → Selecionar uma alternativa dentro das quatro opções, que corresponda à geometria molecular.



Dada uma informação sobre um composto químico e selecionada de forma aleatória. → Selecionar uma alternativa dentro das quatro opções, que corresponda ao nome ou à geometria molecular.



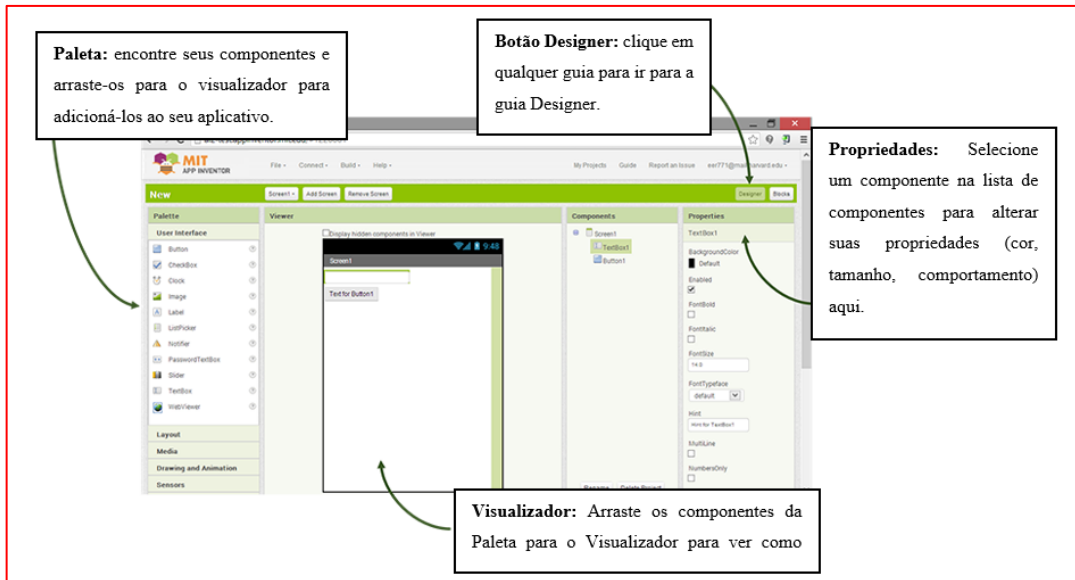
Fonte: próprio autor.

No esquema do App Inventor com o Designer (Figura 3) e com o Editor de Blocos (Figura 4), é possível ver as possibilidades do aplicativo. O designer é a parte utilizada para se programar a interface gráfica da aplicação e para adicionar comportamentos não visuais, porém que afetam a experiência do usuário ao utilizar o aplicativo como, por exemplo, adição de sons ao clicar em um botão, ou a vibração do celular ao digitar um texto em um formulário etc.

Sendo assim, é possível posicionar caixas de texto, criar formulários, adicionar ícones e botões, estilizar a cor dos componentes, adicionar imagens, entre outros. Nessa parte podemos ter uma prévia de como os componentes visuais estarão dispostos na tela do celular ao utilizar o aplicativo. Os Blocos possibilitam a criação da lógica das funcionalidades do aplicativo, de acordo com o comportamento esperado para ele. Adicionando blocos que são análogos a algoritmos, é possível a utilização de conceitos básicos de lógica de programação.

Os componentes definidos no *design* de interface são “carregados” para nessa etapa, serem utilizados na programação. Na Figura 3 podemos ter uma visão geral da área de trabalho do Designer. O *Designer* permite criar a interface do aplicativo.

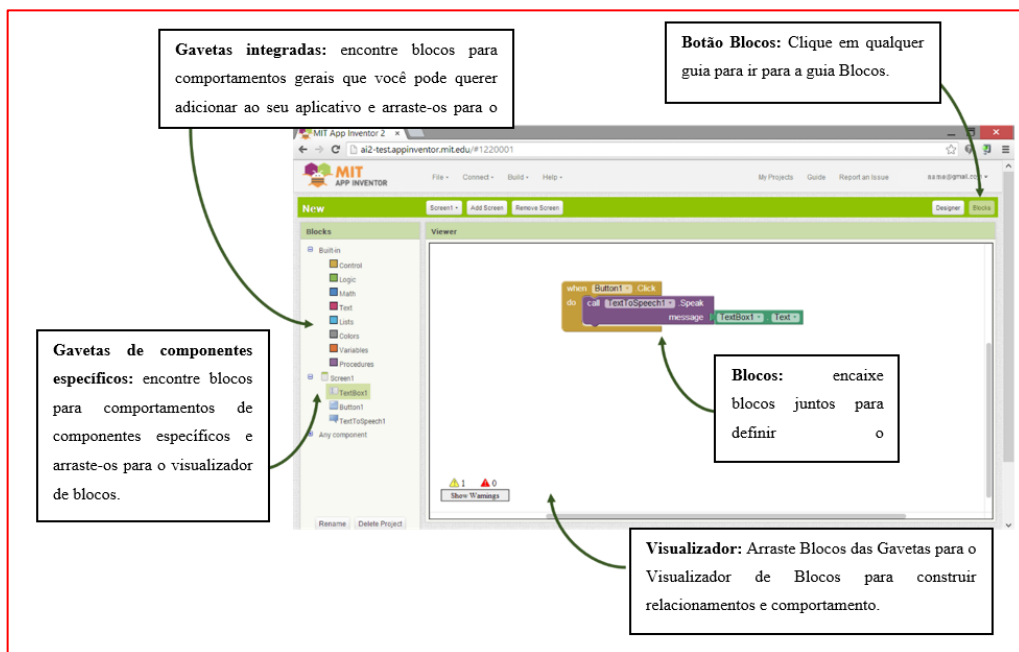
Figura 3. *Designer* da tela do App Inventor



Fonte: Adaptado de <https://appinventor.mit.edu/explore/designer-blocks>.

A Figura 4 demonstra a visão geral da área de trabalho da sessão de Blocos. O *Blocks Editor* permite programar o comportamento do Aplicativo juntando os blocos.

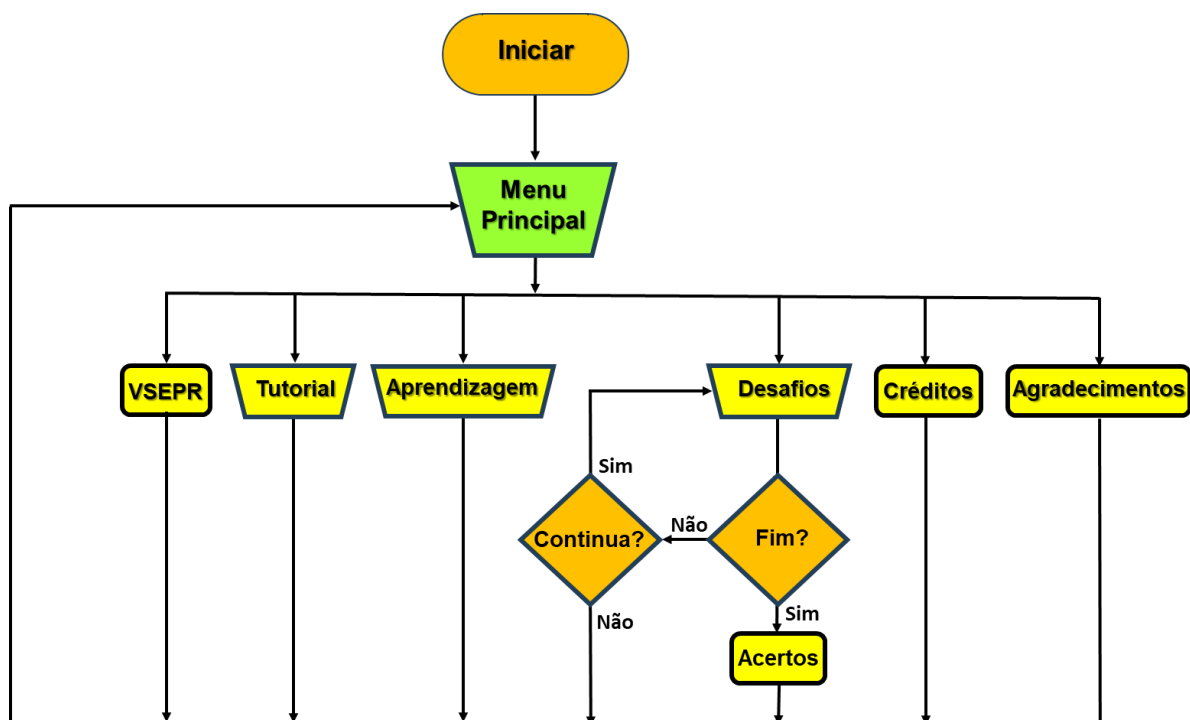
Figura 4. Editor de blocos da tela do App Inventor



Fonte: Adaptado de <https://appinventor.mit.edu/explore/designer-blocks>.

A figura 5, demonstra o esquema geral para desenvolvimento do aplicativo.

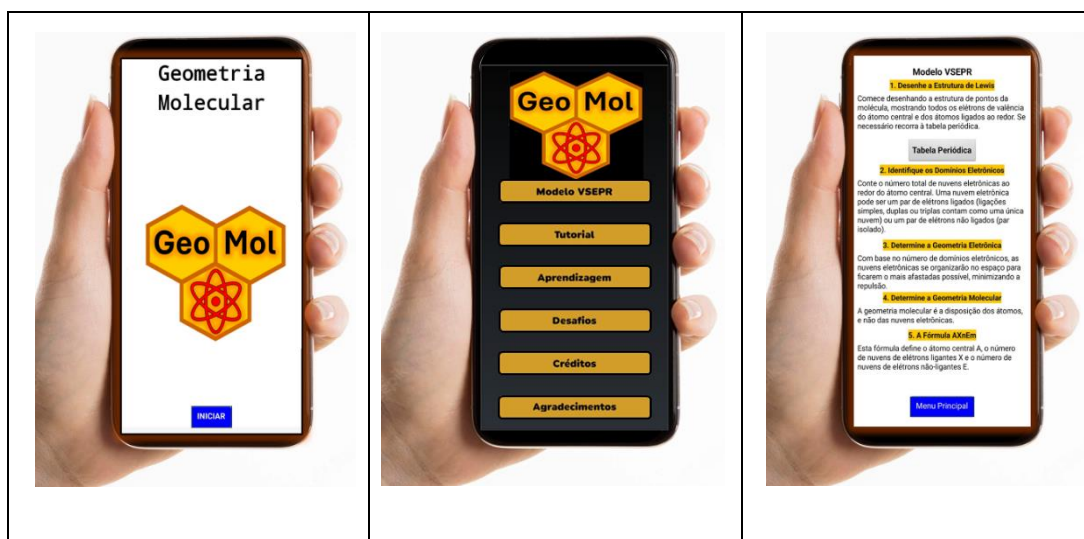
Figura 5. Esquema do aplicativo desenvolvido

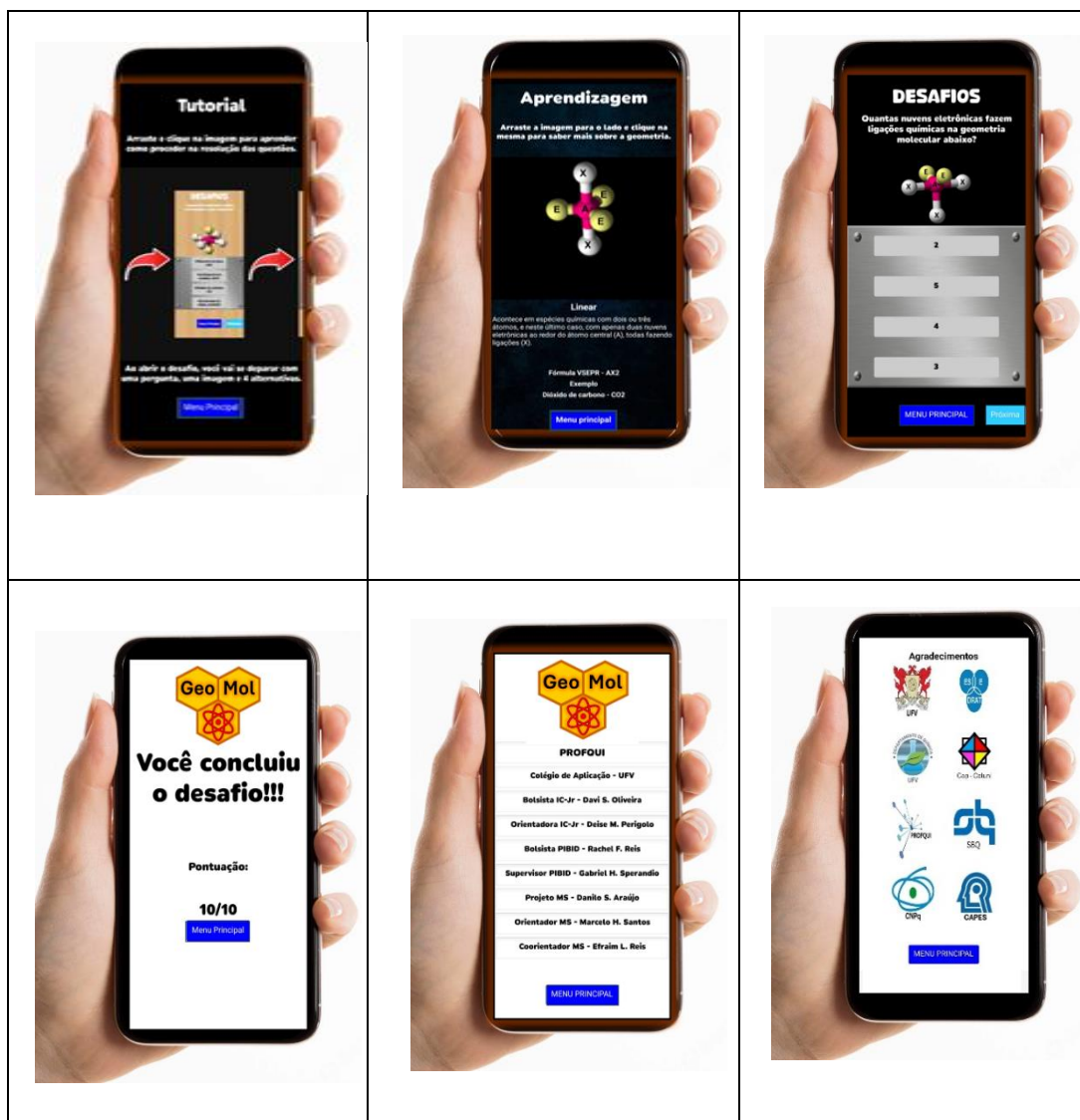


Fonte: próprio autor.

A figura 6 evidencia algumas telas apresentadas pelo aplicativo e suas funcionalidades.

Figura 6. Esquema das telas do aplicativo desenvolvido





Fonte: próprio autor.

Teste e depuração do aplicativo

Uma vez criado o aplicativo, foi importante testá-lo para verificar se ele funcionava corretamente e se atenderia às necessidades dos usuários.

4.4. Encaminhamentos necessários para realização da pesquisa no ambiente escolar

4.4.1. Apresentação do projeto de pesquisa

Inicialmente, o projeto de pesquisa foi apresentado à direção da escola com o objetivo de obter a assinatura do termo de anuência disponível no Anexo VI, requisito necessário para a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Para então, após a aprovação pelo comitê, a pesquisa pudesse ser iniciada.

4.4.2. Submissão do projeto de pesquisa ao CEP

Com obtenção da assinatura do termo de anuência o projeto de pesquisa foi submetido ao CEP da Universidade Federal de Viçosa e após a sua aprovação, no dia 18 de julho de 2025, iniciamos a aplicação da pesquisa no ambiente escolar.

4.4.3. Início da aplicação da pesquisa

Após cumprimento de todos os processos legais para realização da pesquisa, os objetivos da pesquisa foram apresentados a todos os estudantes de duas turmas da primeira série do ensino médio da Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres. Em seguida, realizou-se a leitura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), disponível no Anexo IV, e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no Anexo V.

Para dar continuidade à pesquisa, solicitou-se aos estudantes, que demonstraram interesse em participar, a assinatura do termo de assentimento, enquanto o TCLE foi encaminhado aos respectivos responsáveis. Após a devolução dos documentos devidamente assinados em três vias, a pesquisa pôde ser iniciada.

4.5. Etapas para desenvolvimento das atividades.

4.5.1. Primeira Etapa - Análises prévias

Esta etapa teve como objetivo a aplicação do questionário prévio (Anexo I), instrumento fundamental para a coleta de dados e para a identificação das concepções iniciais dos sujeitos participantes da pesquisa.

A análise das respostas obtidas nesse questionário forneceu subsídios para a realização de um diagnóstico inicial acerca das diferentes possibilidades de ensino do conteúdo de Geometria Molecular, bem como dos principais desafios didáticos relacionados à compreensão desse tema e à metodologia a ser adotada ao longo da investigação.

Além disso, essa etapa possibilitou a análise dos fundamentos teóricos e metodológicos previstos para orientar o desenvolvimento da pesquisa, permitindo maior adequação das estratégias pedagógicas às necessidades identificadas. A aplicação do questionário prévio teve caráter diagnóstico, buscando verificar o nível de conhecimento prévio dos estudantes tanto em relação aos conceitos químicos que seriam abordados quanto aos conhecimentos matemáticos já consolidados, especialmente aqueles relacionados à geometria.

O tempo necessário para análise do questionário prévio e as adequações de abordagem prevista para segunda etapa, foi de aproximadamente duas semanas.

4.5.2. Segunda Etapa - Desenvolvimento da Sequência Didática

Após a aplicação do questionário prévio, iniciou-se a segunda etapa da pesquisa, correspondente ao desenvolvimento de uma Sequência Didática a qual teve em seu primeiro momento duas aulas expositivas dialogadas sobre o tema Geometria Molecular. Cada aula teve duração de 50 minutos, período no qual foram abordados os conceitos fundamentais da Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR), também conhecida como *Valence-Shell Electron-Pair Repulsion*. O Quadro 1 apresenta a organização e a estrutura adotadas para a condução desse momento pedagógico.

Quadro 1. Organização da Aula 1: Introdução à Geometria Molecular

Aula 1: Introdução à Geometria Molecular	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir o conceito de geometria molecular, explorando as principais teorias (modelo VSEPR) que explicam a disposição dos átomos nas moléculas. • Possibilitar maior compressão do conceito de geometria molecular. • Identificar os fatores que influenciam a forma das moléculas. 	
Materiais	
<ul style="list-style-type: none"> • Folha de papel em branco ou pautada • Lápis ou caneta • Quadro • Pincel para quadro branco 	
1. Preparação Prévia (5 minutos):	
<ul style="list-style-type: none"> • "Como você imagina a forma da molécula da água ou do gás carbônico?" <p style="text-align: center;">OBS. Escrever a fórmula molecular de cada uma delas e solicitar que os estudantes façam um desenho que represente a molécula de água e outro para representar o gás carbônico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Por que as moléculas têm formas diferentes?" • "Você já ouviu falar de 'ângulo de ligação'? O que você acha que isso significa?" 	
2. Exposição teórica (30 minutos):	
<ul style="list-style-type: none"> • Explicar brevemente a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR). • Introduzir os tipos básicos de geometria molecular (linear, angular, trigonal plana, tetraédrica, piramidal). • Demonstrar exemplos, como as moléculas de O_2, H_2O, CO_2, NH_3, CH_4, explicando como a distribuição dos pares eletrônicos e átomos determina seu arranjo espacial. 	

3. Sistematização e Aplicação Inicial (15 minutos)

- Retomar os desenhos elaborados pelos estudantes no início da aula (moléculas de H_2O e CO_2) e promover uma breve discussão coletiva, comparando as representações feitas com os modelos explicados pela teoria VSEPR.
- Questionar os estudantes sobre as diferenças observadas entre as duas moléculas, destacando a relação entre o número de pares de elétrons ao redor do átomo central e a geometria molecular resultante.
- Solicitar que os estudantes revisem ou refaçam seus desenhos iniciais, agora incorporando os conceitos apresentados durante a exposição teórica, como ângulos de ligação e disposição espacial dos átomos.
- Registrar no quadro os principais pontos discutidos, consolidando os conceitos trabalhados.

4. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

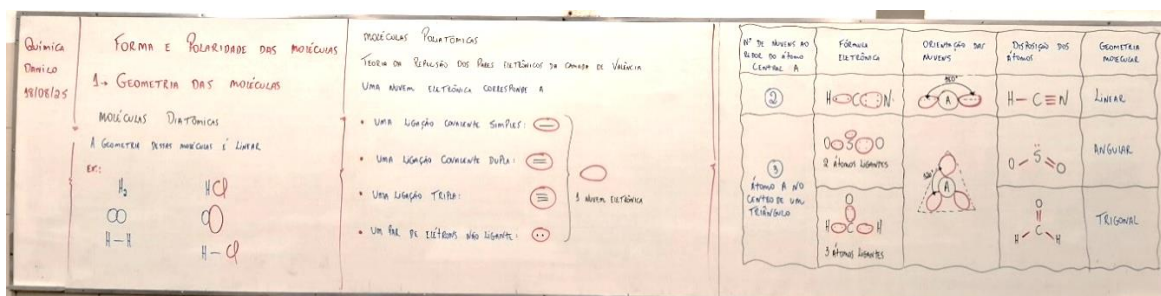
A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018). A abordagem introdutória da Geometria Molecular, desenvolvida por meio de aula expositiva dialogada e da utilização de representações gráficas (desenhos), contribui para o desenvolvimento de habilidades relacionadas, tais como:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos;
- **EM13CNT102:** Elaborar explicações, hipóteses e argumentos com base em conhecimentos científicos;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos para explicar a organização e o comportamento da matéria em nível microscópico.

Ao promover a problematização inicial, o diálogo em sala de aula e a construção de representações das moléculas, a aula favorece a compreensão dos modelos explicativos relacionados à estrutura molecular, articulando teoria e representação, de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam a construção ativa do conhecimento científico no processo de ensino e aprendizagem.

A Figura 7 ilustra parte da abordagem desenvolvida em sala de aula.

Figura 7. Imagem da lousa de uma das aulas



Fonte: próprio autor.

O planejamento e a condução da aula expositiva dialogada fundamentaram-se nos pressupostos da pedagogia freireana e da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Conforme Freire (2010), a prática educativa deve superar o modelo de educação “bancária”, assumindo um caráter problematizador, no qual o diálogo constitui elemento central do processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, conforme destaca Andreato (2019), a aula expositiva, quando articulada a uma perspectiva dialógica, configura-se como um espaço de construção coletiva do conhecimento, no qual professor e estudantes atuam de forma ativa e reflexiva.

Levando em consideração esses pressupostos, a aula expositiva dialogada foi planejada a partir da análise dos dados obtidos no questionário prévio, aplicado na etapa inicial da pesquisa. Esse diagnóstico permitiu identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos conteúdos de Geometria e Geometria Molecular, aspecto fundamental para a promoção da aprendizagem significativa, conforme proposto por Ausubel (2003), ao enfatizar a importância da ancoragem de novos conceitos na estrutura cognitiva previamente existente.

4.5.3. Terceira Etapa - Ensino mediada pela tecnologia da informação

Na sequência das aulas expositivas dialogadas, iniciou-se a atividade de ensino mediada pela tecnologia, a qual teve duração de 50 minutos. Neste momento os estudantes foram conduzidos para um local denominado “sala de vídeo”, disponível na escola, e foi apresentado para os mesmos, a simulação da montagem de moléculas, “Geometria Molecular”, disponível no site PhET – *Interactive Simulations, da University of Colorado Boulder*, gratuitamente.

Nesta simulação o site define como “Exemplos de Objetivos de Aprendizagem”:

- Reconhecer que a geometria molecular se deve a repulsões entre os grupos de elétrons;
- Reconhecer a diferença entre a geometria molecular e dos pares de elétrons;
- Dar nomes para as geometrias das moléculas e de elétrons para moléculas com até seis grupos de elétrons em torno de um átomo central;
- Descreva como pares de elétrons isolados afetam os ângulos das ligações químicas em moléculas reais;

O Quadro 2 apresenta a organização e a estrutura adotadas para a condução desse momento pedagógico.

Quadro 2. Organização da Aula 2: Simulação computacional da Geometria Molecular**Aula 2: Simulação computacional da Geometria Molecular (PhET)****Objetivos**

- Consolidar os conceitos de geometria molecular apresentados na aula expositiva dialogada.
- Explorar a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR) por meio de simulações computacionais.
- Relacionar a disposição dos pares eletrônicos à forma tridimensional das moléculas.
- Favorecer a aprendizagem significativa a partir da interação e experimentação virtual.

Materiais

- Computador
- Acesso à internet.
- Projetor de imagem
- Simulador **PhET – “Geometria Molecular”**.

1. Retomada conceitual (10 minutos)

- Retomar brevemente os principais conceitos abordados na Aula 1:
 - Geometria molecular;
 - Pares ligantes e não ligantes;
 - Influência da repulsão eletrônica no arranjo espacial das moléculas.
- Questionar os estudantes:
- “Como os pares de elétrons influenciam a forma das moléculas?”
- “Por que moléculas com o mesmo número de átomos podem apresentar geometrias diferentes?”

2. Introdução ao simulador PhET (30 minutos)

- Apresentar o simulador **PhET – Geometria Molecular**, explicando suas principais funcionalidades.
- Orientar os estudantes quanto ao uso adequado da ferramenta e aos objetivos da atividade.
- Demonstrar, com o auxílio do projetor:
 - Inserir átomos;
 - Visualizar pares de elétrons ligantes e não ligantes;
 - Alterar estruturas e observar mudanças na geometria molecular.
 - Montar moléculas previamente estudadas (H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4);
 - Identificar a geometria molecular de cada estrutura;
 - Observar os ângulos de ligação e a influência dos pares não ligantes.

3. Sistematização e discussão (10 minutos)

- Promover uma discussão coletiva sobre as simulações realizadas.
- Comparar os resultados obtidos no PhET com:

- Os desenhos feitos na Aula 1;
- As explicações teóricas da VSEPR.

4. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

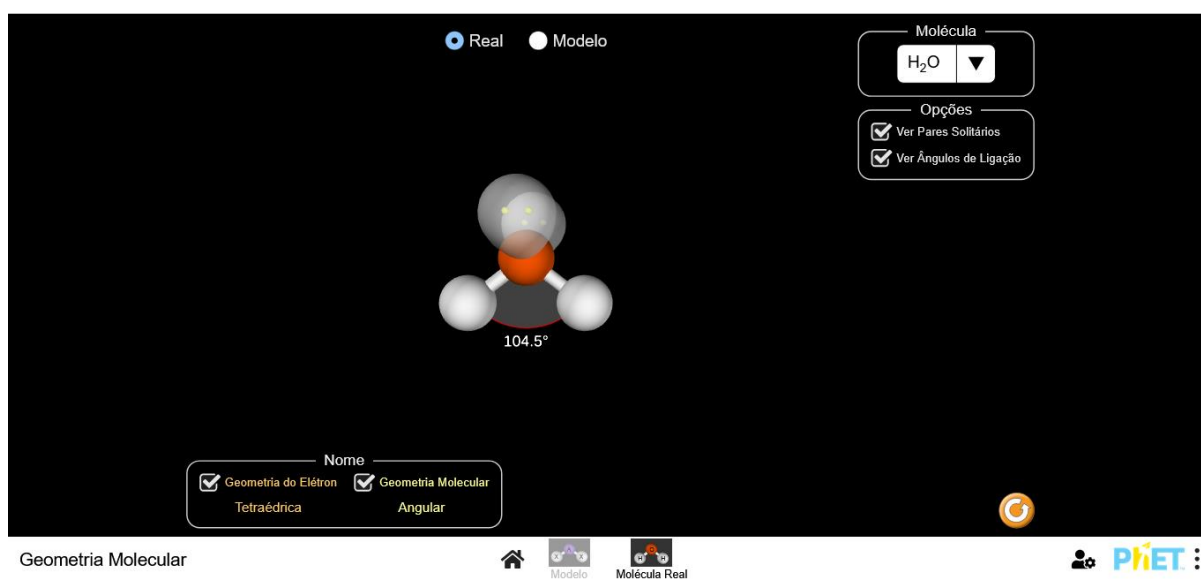
A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018). A utilização de simulações computacionais contribui para o desenvolvimento de habilidades relacionadas como:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos para explicar a organização e o comportamento da matéria em nível microscópico;
- **EM13CNT106:** Utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica e ética no processo de aprendizagem.

Ao promover a interação dos estudantes com ferramentas digitais, a aula favorece a construção de modelos explicativos para a estrutura tridimensional das moléculas, articulando teoria e prática, de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam o uso de tecnologias digitais como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem.

A figura 8 demonstra a utilização do site PhET para simulação.

Figura 8. Simulação da geometria molecular da água, disponível no site PhET



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_all.html?locale=pt_BR

4.5.4. Quarta Etapa - Simulação das estruturas no laboratório de informática

Após a demonstração do funcionamento da simulação de montagem das estruturas no site, na aula seguinte os estudantes foram encaminhados ao laboratório de informática da escola. Essa etapa foi denominada, na pesquisa, como experimentação. Nela, os estudantes foram desafiados a colocar em prática seus conhecimentos prévios, bem como os novos conhecimentos adquiridos, com o objetivo de montar e simular, no site PhET, estruturas já apresentadas ou não, buscando identificar possíveis geometrias moleculares para diferentes compostos, definidos no site como “modelos” ou “moléculas reais”.

Essa etapa teve duração de 50 minutos, e foi solicitado aos estudantes que realizassem anotações a respeito da geometria molecular das estruturas por eles simuladas, como demonstrada na figura 9.

Figura 9. Registros da aplicação da atividade no laboratório de informática



Fonte: próprio autor.

O Quadro 3 apresenta a organização e a estrutura adotadas para a condução desse momento pedagógico.

Quadro 3. Organização da Aula 3: Experimentação com Simulação Computacional da Geometria Molecular (PhET)

Aula 3: Experimentação com Simulação Computacional da Geometria Molecular (PhET)

Objetivos:

- Aplicar os conhecimentos prévios e os conceitos estudados sobre geometria molecular na construção de modelos tridimensionais.
- Explorar, por meio da simulação PhET, diferentes estruturas moleculares, identificando suas respectivas geometrias.
- Favorecer a consolidação da aprendizagem significativa por meio da experimentação virtual e da análise de modelos moleculares.
- Estimular a autonomia e o raciocínio científico dos estudantes na investigação de novas estruturas moleculares.

Materiais:

- Laboratório de informática da escola
- Computadores com acesso à internet
- Simulação “Geometria Molecular” do site PhET
- Caderno ou folha para anotações
- Lápis ou caneta

1. Organização da atividade (5 minutos):

Os estudantes foram encaminhados ao laboratório de informática da escola e organizados individualmente ou em duplas, conforme a disponibilidade de equipamentos. Inicialmente, o professor retomou brevemente as orientações sobre o uso da simulação PhET, já apresentadas na aula anterior.

2. Experimentação com a simulação (35 minutos):

Nesta etapa, denominada *experimentação*, os estudantes devem ser desafiados a utilizar a simulação para montar estruturas moleculares disponíveis no ambiente virtual, classificadas pelo próprio site como “modelos” ou “moléculas reais”. Além das estruturas previamente discutidas, os estudantes puderam explorar novas combinações, buscando identificar as possíveis geometrias moleculares associadas a cada composto.

Durante a atividade, foi solicitado que realizassem anotações sobre as estruturas simuladas, registrando informações como fórmula molecular, geometria observada e eventuais dúvidas ou dificuldades encontradas.

3. Sistematização e discussão (10 minutos):

Ao final da experimentação, realizou-se uma breve discussão coletiva, na qual os estudantes compartilharam suas observações e conclusões. O professor mediou o diálogo, esclarecendo

conceitos, relacionando as simulações com a teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência (VSEPR) e retomando os principais tipos de geometria molecular identificados.

4. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018). A etapa de experimentação com o uso da simulação computacional PhET contribui para o desenvolvimento de habilidades como:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos para explicar a organização e o comportamento da matéria em nível microscópico;
- **EM13CNT202:** Analisar e discutir modelos, teorias e leis científicas, reconhecendo seus limites e possibilidades de explicação;
- **EM13CNT106:** Utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, reflexiva e ética no processo de aprendizagem.

Ao possibilitar que os estudantes construam, manipulem e analisem modelos moleculares virtuais, a aula favorece a consolidação da aprendizagem por meio da experimentação, articulando conhecimentos prévios e novos saberes. Essa abordagem está de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam o protagonismo estudantil, a investigação científica e o uso das tecnologias digitais como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem.

4.5.5. Quinta Etapa - Simulação das geometrias moleculares com balões de festas e teste de polaridade das moléculas.

Ainda no âmbito da experimentação, nessa etapa, que também teve duração de 50 minutos, os estudantes foram conduzidos ao laboratório de Ciências da escola. Nesse espaço, puderam utilizar balões de festa para simular a geometria molecular de compostos diatômicos e poliatômicos. Além disso, tiveram a oportunidade de realizar um experimento com água e óleo de cozinha, cada um disposto em uma bureta diferente, com o objetivo de testar suas respectivas polaridades. O Quadro 4 apresenta a organização e a estrutura adotadas para a condução desse momento pedagógico. A figura 4 refere-se ao registro fotográfico do momento em sala de aula.

Quadro 4. Organização da Aula 4: Experimentação sobre Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas**Aula 4 – Experimentação: Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas****Objetivo geral**

Consolidar a compreensão dos conceitos de geometria molecular e polaridade das moléculas por meio de atividades experimentais e práticas, utilizando modelos físicos e experimentos simples para relacionar a organização espacial das moléculas às suas propriedades físico-químicas.

Objetivos específicos

- Reforçar o modelo da Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR);
- Visualizar e representar geometrias moleculares tridimensionais;
- Compreender o conceito de polaridade molecular;
- Relacionar geometria molecular, distribuição de cargas e polaridade;
- Analisar o comportamento de substâncias polares e apolares a partir de experimentos.

Materiais necessários

- Balões de festa (em cores e tamanhos distintos);
- Bomba manual para inflar balões;
- Barbante ou fita adesiva;
- Buretas;
- Suporte universal;
- Garras metálicas;
- Água;
- Óleo de cozinha;
- Folha em branco ou caderno para anotação;
- Lápis e caneta

1. Introdução e problematização inicial (5 minutos)

A aula teve início com questionamentos orientadores, retomando conceitos já trabalhados:

- Como os pares de elétrons se organizam ao redor do átomo central?
- Por que algumas substâncias se dissolvem com a água e outras não?
- O que caracteriza uma molécula como polar ou apolar?

Essas questões tiveram como objetivo mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes e estabelecer a conexão entre geometria molecular e polaridade.

2. Atividade prática I – Simulação da geometria molecular com balões (10 minutos)

Os estudantes foram encaminhados ao laboratório de Ciências da escola e lá foram organizados em pequenos grupos. Inicialmente, utilizaram balões de festa para simular a repulsão entre pares de

elétrons ao redor de um átomo central, representado simbolicamente pelo ponto de amarração dos balões.

Foram construídas representações de diferentes geometrias moleculares, tais como:

- linear;
- trigonal plana;
- tetraédrica;
- piramidal;
- angular.

Durante a atividade, os estudantes observaram como a organização espacial dos balões se modifica em função da presença de pares ligantes e não ligantes, estabelecendo analogias com moléculas diatômicas e poliatômicas.

3. Exposição dialogada e articulação conceitual (15 minutos)

Após a simulação das geometrias, o professor conduziu uma breve exposição dialogada sobre polaridade molecular, retomando:

- o conceito de eletronegatividade;
- a formação de dipolos elétricos;
- a influência da geometria molecular na polaridade da molécula.

Foram discutidos exemplos clássicos, como a molécula de água (polar) e a de dióxido de carbono (apolar), destacando que moléculas com ligações polares nem sempre são polares, dependendo de sua geometria.

4. Atividade prática II – Experimento sobre polaridade (10 minutos)

Na sequência, os estudantes realizaram um experimento simples utilizando água e óleo de cozinha, cada um disposto em uma bureta. A atividade teve como objetivo observar o comportamento das substâncias e relacioná-lo à polaridade molecular. Esta atividade deve ser realizada da seguinte forma:

- ✓ Prenda cada uma das buretas ao suporte universal e encha uma delas com água e a outra com óleo.
- ✓ Encha um balão com ar e atrite no cabelo ou em um pano de lã, de maneira que deixe o balão eletrizado. (**Obs.** É importante que o cabelo não esteja molhado ou com excesso de creme).
- ✓ Abra lentamente a torneira presente em cada uma das buretas de maneira que forme um fluxo constante do líquido presente em seu interior.
- ✓ Aproxime o balão eletrizado e observe o fenômeno ocorrido.

5. Registro dos dados (10 minutos)

Registre todas as possíveis geometrias moleculares construídas pelo grupo. Além disso, descreva o fenômeno observado ao aproximar o balão eletrizado dos fluxos de água e de óleo, respectivamente, e realize uma discussão com o objetivo de estabelecer a polaridade de cada uma dessas substâncias.

6. Considerações metodológicas

A junção das atividades de simulação com balões e do experimento sobre polaridade possibilitou uma abordagem integrada entre modelagem, experimentação e reflexão teórica, favorecendo a aprendizagem significativa dos conceitos de geometria molecular e polaridade. Essa etapa permitiu aos estudantes compreender que a forma tridimensional das moléculas está diretamente relacionada às suas propriedades físico-químicas, fortalecendo a articulação entre teoria e prática no ensino de Química.

7. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

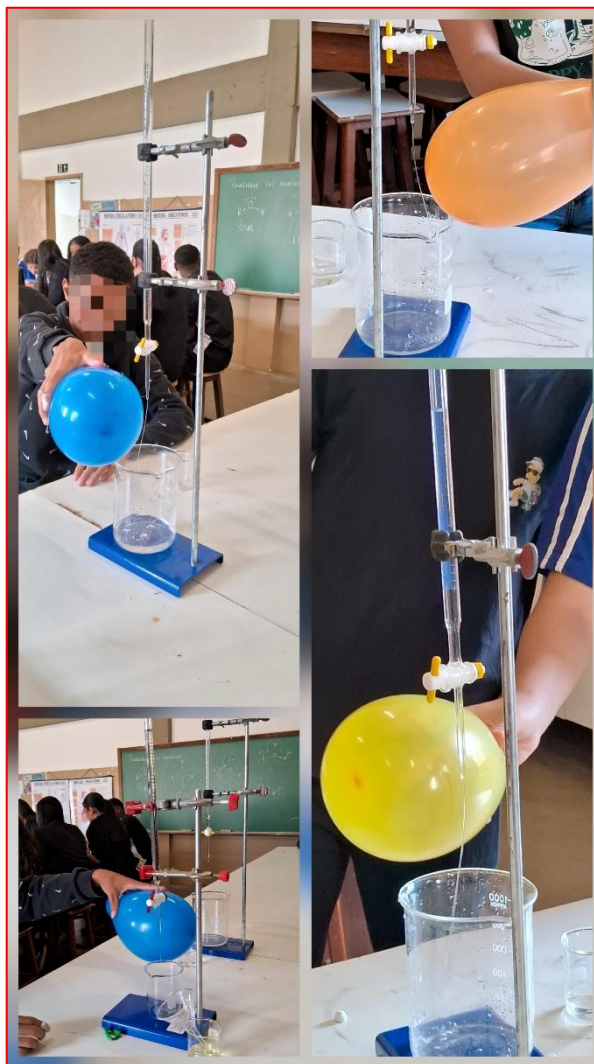
A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018). As atividades experimentais e de modelagem desenvolvidas contribuem para o desenvolvimento das seguintes habilidades:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos, reconhecendo a ciência como construção humana, histórica e social;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos — como esquemas, simulações e modelos físicos — para explicar a organização, a estrutura e o comportamento da matéria em nível microscópico;
- **EM13CNT104:** Avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico, considerando suas implicações no cotidiano e em contextos sociais e ambientais;

Ao articular a simulação da geometria molecular com balões e a realização de um experimento sobre polaridade, a aula favorece a compreensão das relações entre estrutura molecular e propriedades das substâncias, promovendo a construção de modelos explicativos e a integração entre teoria e prática. Essa abordagem está de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam a aprendizagem investigativa, a experimentação e o uso de diferentes estratégias didáticas como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem.

A Figura 10 apresenta o registro da aplicação desse momento pedagógico.

Figura 10. Registros da aplicação da atividade experimental no laboratório de ciências.



Fonte: próprio autor.

4.5.6. Sexta Etapa - Apresentação do aplicativo educacional GeoMol

Na etapa final da aplicação da pesquisa em campo, foi apresentado aos estudantes o aplicativo educacional desenvolvido no App Inventor, denominado GeoMol, conforme descrito anteriormente. Essa etapa constituiu-se como o eixo central da pesquisa, uma vez que teve como objetivo verificar se, após a vivência de toda a sequência de atividades propostas, os estudantes apresentariam um desempenho satisfatório e em que medida o uso do aplicativo poderia potencializar o processo de aprendizagem dos conceitos de Geometria Molecular.

Inicialmente, foram apresentadas aos estudantes as principais funcionalidades do aplicativo, bem como as orientações necessárias para sua navegação, visando garantir uma experiência de uso adequada. Em seguida, foi disponibilizada uma rede de internet para que os estudantes realizassem o download do arquivo necessário à instalação do aplicativo em seus dispositivos móveis.

Após a instalação e o manuseio inicial, os estudantes foram orientados a realizar os denominados “desafios”, os quais consistiam em um conjunto de dez questões selecionadas de forma aleatória pelo próprio aplicativo, dentre um banco de cinquenta questões previamente cadastradas. Ao término de cada rodada, os estudantes deveriam informar ao professor o número de acertos obtidos.

Com o objetivo de assegurar a participação de todos os estudantes presentes em sala de aula, aqueles que não possuíam dispositivos compatíveis com o aplicativo foram organizados em duplas ou em grupos de até quatro integrantes. A Figura 11 apresenta o registro da utilização do aplicativo durante esse momento pedagógico.

Figura 11. Utilização do aplicativo em sala de aula.



Fonte: próprio autor.

4.5.7. Sétimas Etapa - Análise à posteriori

Após a utilização do aplicativo, os estudantes foram convidados a realizar uma avaliação acerca de suas características e funcionalidades (Anexo III). Nessa etapa, foram considerados aspectos relacionados à interface, à facilidade de uso, ao grau de atratividade do aplicativo e ao interesse despertado pelo tema abordado, bem como à percepção dos estudantes quanto à contribuição do aplicativo para a compreensão dos conceitos de Geometria Molecular.

A avaliação foi realizada por meio de um questionário disponibilizado na plataforma Google, utilizando a ferramenta Google Formulários. Os dados coletados foram organizados e apresentados por meio de gráficos, evidenciando os percentuais de respostas atribuídas pelos estudantes a cada um dos itens avaliados e serão melhores discutidos no tópico resultados e discussão.

4.5.8. Metodologia de Análise de Dados

A análise dos dados desta pesquisa foi conduzida a partir de uma abordagem metodológica mista, de natureza qualitativa e quantitativa, considerando a diversidade dos instrumentos de coleta utilizados e os objetivos propostos. A adoção dessa abordagem justifica-se pela possibilidade de integrar diferentes tipos de dados, permitindo uma compreensão mais ampla e aprofundada do fenômeno investigado (Creswell, 2014).

Os dados analisados foram provenientes de três instrumentos distintos: o questionário prévio (Anexo I), o pós-teste (Anexo II) e o questionário de avaliação do aplicativo educacional (Anexo III), aplicado por meio da plataforma Google Forms.

As respostas discursivas e as representações gráficas (desenhos) presentes no questionário prévio e no pós-teste foram analisadas por meio da Análise de Conteúdo, conforme a proposta de Bardin (2015).

Esse procedimento possibilitou a identificação, categorização e interpretação das concepções dos estudantes acerca dos conceitos de Geometria e Geometria Molecular, bem como a verificação de possíveis indícios de mudanças conceituais ao longo da sequência didática desenvolvida.

A Análise de Conteúdo foi realizada em três etapas: (i) pré-análise, caracterizada pela leitura flutuante do material coletado; (ii) exploração do material, com a definição de categorias de análise emergentes a partir das respostas dos estudantes; e (iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação, buscando estabelecer relações entre os dados obtidos e o referencial teórico adotado (Bardin, 2015).

No que se refere às representações gráficas (desenhos) elaboradas pelos estudantes, estas foram analisadas com base em critérios previamente definidos, tais como a adequação da geometria molecular representada, a coerência com a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (*Valence Shell Electron Pair Repulsion – VSEPR*) e a correta disposição espacial dos átomos.

As produções foram classificadas em três níveis: representações adequadas, parcialmente adequadas e inadequadas ou ausentes, possibilitando uma análise mais criteriosa do nível de compreensão dos estudantes acerca da estrutura tridimensional das moléculas. Para este fim adotamos a análise de conteúdo proposta por Bardin (2015).

A partir desses dados, foi possível comparar o desempenho dos estudantes antes e após a aplicação da sequência didática, evidenciando possíveis avanços na compreensão dos conceitos de Geometria Molecular.

Os dados referentes à avaliação do aplicativo educacional, coletados por meio do questionário do Anexo III, foram obtidos a partir de um instrumento estruturado em escala do tipo Likert de cinco pontos, variando de 1 (discordo totalmente / muito insatisfeito / muito ruim) a 5 (concordo totalmente / muito satisfeito / muito bom).

A utilização da escala Likert deve-se a sua ampla aplicação em pesquisas educacionais e em estudos que buscam mensurar atitudes, percepções e níveis de satisfação dos participantes (Likert, 1932). Considerando a natureza ordinal das respostas, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, contemplando o cálculo das frequências absolutas e relativas, bem como a utilização de medidas de tendência central, como média e mediana, com o objetivo de identificar tendências gerais nas percepções dos estudantes (Jamieson, 2004).

Para este fim utilizamos como ferramenta de auxílio para análise de dados o programa Microcal Origin (2013), utilizado como ferramenta de apoio técnico, sem substituição da autoria intelectual do pesquisador, que realizou a verificação e validação integral dos resultados obtidos.

Para fins analíticos, os itens do questionário de avaliação do aplicativo foram agrupados em eixos temáticos, correspondentes às dimensões avaliadas no instrumento, a saber: (i) funcionalidade e precisão; (ii) usabilidade e interface do usuário; (iii) recursos educacionais; (iv) desempenho e estabilidade; e (v) engajamento e experiência do usuário.

Os resultados obtidos em cada eixo foram organizados em tabelas e gráficos, favorecendo a visualização da distribuição das respostas e a interpretação dos dados (Creswell, 2014). Para a análise interpretativa, adotou-se como critério que médias iguais ou superiores a

4,0 indicam uma avaliação positiva do aplicativo; médias entre 3,0 e 3,9 representam uma avaliação intermediária ou neutra; e médias inferiores a 3,0 indicam uma avaliação negativa.

Além das questões fechadas, o questionário de avaliação do aplicativo incluiu uma questão aberta destinada à coleta de comentários e sugestões dos estudantes acerca da experiência de uso. As respostas discursivas foram analisadas por meio da Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2015), seguindo as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

As categorias de análise foram definidas a partir das recorrências observadas nas respostas e dos eixos previamente estabelecidos no instrumento, permitindo identificar percepções qualitativas que complementam e aprofundam a interpretação dos dados quantitativos.

Por fim, os resultados obtidos a partir das análises qualitativas e quantitativas foram articulados de forma complementar, conforme recomenda a literatura sobre pesquisas de abordagem mista (Creswell, 2014). Essa articulação possibilitou compreender de que maneira a sequência de atividades desenvolvidas (aulas expositivas dialogadas, simulações computacionais, atividades experimentais e uso do aplicativo educacional) contribuiu para a aprendizagem dos conceitos de Geometria Molecular, bem como para a avaliação das percepções dos estudantes acerca do uso de tecnologias digitais como recursos mediadores do processo de ensino e aprendizagem.

4.5.9. Declaração de uso de Inteligência Artificial (IA) generativa no desenvolvimento do trabalho como ferramenta de apoio a escrita.

Até a data de redação desta dissertação, não havia diretriz institucional publicada e consolidada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) especificamente voltada ao uso de inteligência artificial generativa na elaboração de trabalhos acadêmicos.

Diante disso, para assegurar transparência, integridade acadêmica, proteção de dados e responsabilização autoral, foi adotado como base orientadora as Recomendações para o Uso de Ferramentas de IA nas Atividades Acadêmicas na UFMG e as orientações públicas da Comissão Permanente de IA da UFMG, que enfatizam: (i) declaração explícita do uso; (ii) privacidade e proteção de dados; (iii) avaliação crítica dos resultados para evitar conteúdos falsos/enganosos; e (iv) identificação das etapas do trabalho realizadas com auxílio de IA. (UFMG, 2024)

Nessa perspectiva, durante a elaboração deste trabalho, o autor utilizou-se da ferramenta de IA generativa ChatGPT (versão 5.2, OpenAI) exclusivamente como apoio e escrita,

correções ortográficas e concordância, sem substituição da autoria intelectual do pesquisador e sem delegação do raciocínio científico e das decisões metodológicas.

O uso ocorreu apenas como apoio à escrita acadêmica e revisão linguística: reorganização de parágrafos, aprimoramento de coesão e clareza, padronização de estilo acadêmico e revisão de aspectos gramaticais, sempre com revisão crítica, reescrita final e validação integral pelo autor.

Também foi utilizada como auxílio a ferramenta de IA Consensus, em sua versão gratuita, ferramenta utilizada para busca de artigos científicos relacionados ao tema objeto de estudo, neste caso, o ensino de geometria molecular com ênfase na utilização de App ou Software.

Por fim, para fins de transparência, registra-se que o uso das IAs limitou-se às finalidades descritas acima, mantendo-se a autoria, a responsabilidade e a integridade científica integralmente sob responsabilidade do pesquisador.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos a partir das análises do *corpus* dos textos produzidos pelos estudantes em resposta aos questionamentos aplicados no início (Anexo I), durante o desenvolvimento desta pesquisa (Anexo II) e ao final com aplicação do questionário de avaliação do aplicativo educacional (Anexo III), este, aplicado por meio da plataforma Google Forms, como já descrito na metodologia.

5.1. Análises do questionário prévio – Anexo I

Os dados obtidos por meio do questionário prévio foram analisados com base em uma abordagem qualitativa, conforme os procedimentos metodológicos já descritos na seção de Metodologia. Esse instrumento teve caráter diagnóstico e foi utilizado com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios e as concepções iniciais dos estudantes acerca dos conceitos de Geometria e Geometria Molecular.

A análise das respostas discursivas e das representações gráficas (desenhos) permitiu evidenciar diferentes níveis de compreensão dos estudantes, bem como concepções fundamentadas tanto em conhecimentos científicos quanto em ideias do senso comum. As produções gráficas foram examinadas considerando critérios previamente estabelecidos, relacionados à adequação da geometria molecular, à disposição espacial dos átomos e à coerência com os princípios do modelo VSEPR, sendo classificadas em representações adequadas, parcialmente adequadas ou inadequadas/ausentes.

O tempo necessário para análise do questionário prévio e as adequações de abordagem prevista para segunda etapa, foi de aproximadamente duas semanas. Os resultados dessa análise subsidiaram o planejamento e o desenvolvimento da sequência didática, orientando a escolha das estratégias pedagógicas adotadas, tais como as aulas expositivas dialogadas, as atividades experimentais e o uso de recursos tecnológicos. Dessa forma, o questionário prévio cumpriu seu papel de instrumento diagnóstico, possibilitando a articulação entre os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva dos estudantes e os novos conceitos a serem trabalhados ao longo da pesquisa, em concordância com a perspectiva da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (2003).

A seguir iniciaremos a análise descritiva de cada questão. Daremos início a nossa análise pela “Questão 01: *Você já deve ter ouvido falar na palavra geometria. Na sua opinião, o que significa a palavra Geometria? Cite alguns nomes de figuras geométricas que você conhece.*” A Tabela 2 apresenta categorias atribuídas a questão 1.

Tabela 2. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão 1 do questionário prévio

Categoria	Conceito norteador	Exemplos de respostas dos estudantes
Geometria como estudo de formas	Associação da geometria ao estudo das formas e figuras	“ <i>Estudo das formas</i> ”, “ <i>Figuras geométricas</i> ”
Associação à Matemática escolar	Relação direta com a disciplina Matemática	“ <i>Matéria da Matemática</i> ”, “ <i>Conteúdo matemático</i> ”
Enumeração de figuras planas	Citação exclusiva de figuras bidimensionais	“ <i>Quadrado, triângulo, círculo</i> ”
Enumeração de sólidos geométricos	Citação de figuras tridimensionais	“ <i>Cubo, esfera, pirâmide</i> ”
Respostas vagas ou incompletas	Definições imprecisas ou ausência de exemplos	“ <i>Algo com formas</i> ”, “ <i>Não sei explicar</i> ”

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A análise das respostas à Questão 01 evidencia que os estudantes associam majoritariamente o conceito de Geometria ao campo da Matemática escolar, relacionando-o ao estudo de formas e figuras geométricas planas, como quadrado, triângulo e círculo. Esse resultado indica que os conhecimentos prévios mobilizados pelos estudantes estão fortemente ancorados em experiências anteriores de escolarização, especialmente no ensino fundamental.

Observa-se que são raras as menções a sólidos geométricos ou mesmo não há menção em relação a formas tridimensionais. Tal resultado sugere limitações na visualização espacial, aspecto amplamente discutido como um fator crítico para a compreensão de conceitos químicos

que envolvem estruturas tridimensionais, como a Geometria Molecular (Gilbert; Treagust, 2009). Segundo esses autores, dificuldades de visualização espacial comprometem a transição do pensamento bidimensional para a compreensão de modelos moleculares em três dimensões.

Além disso, algumas respostas apresentaram definições vagas ou incompletas, evidenciando conhecimentos pouco diferenciados conceitualmente. De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem de novos conceitos depende da existência de subsunçores relevantes e bem organizados na estrutura cognitiva do estudante. Nesse sentido, os dados da Questão 01 indicam a necessidade de ampliar e reorganizar esses conhecimentos prévios para favorecer aprendizagens mais significativas no contexto da Química.

Na sequência continuaremos nossa análise pelo solicitado na “QUESTÃO 02. *Você já ouviu falar em Geometria Molecular? Caso já tenha ouvido, como você acha que é a geometria da molécula de água (H₂O). Se possível, faça um desenho*”. A Tabela 3 apresenta categorias atribuídas a questão 2.

Tabela 3. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão 2 do questionário prévio

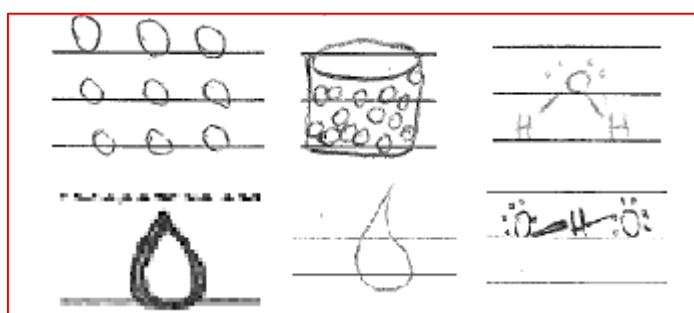
Categoria	Conceito norteador	Exemplos de respostas/desenhos
Desconhecimento do conceito	Estudante afirma não conhecer Geometria Molecular	“Não” “Nunca ouvi falar”
Associação intuitiva à forma	Tentativa de associar ao macroscópico.	<i>Desenhos representados em forma de “gotas” ou “esferas”</i>
Representação inadequada	Representação da molécula como estrutura linear	<i>Desenho O–H–O em linha reta e os átomos em disposição inadequada.</i>
Representação adequada	Representação angular sem explicação conceitual	“Sim, geometria angular”. Obs. Apenas um estudante desenhou de forma adequada, representando a geometria angular.
Associação aos estados físicos da água	Tentativa de associar ao estado físico.	“... a forma da água é adapta ao recipiente que ela está ...”

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A análise das respostas discursivas e das representações gráficas referentes à Questão 02 revelou diferentes níveis de compreensão acerca do conceito de Geometria Molecular. As produções dos estudantes evidenciam tanto aproximações com o conhecimento científico quanto concepções baseadas no senso comum, característica típica de situações diagnósticas iniciais (Taber, 2002).

As representações gráficas foram analisadas considerando critérios relacionados à adequação da geometria molecular, à disposição espacial dos átomos e à coerência com os princípios do modelo VSEPR. Observou-se que parte dos estudantes representou a molécula de água de forma linear ou sem angulação e com ligação química entre os elementos de forma inadequada, o que indica dificuldades em compreender a organização tridimensional das moléculas. A figura 12 evidencia as diferentes formas de representação adotadas pelos estudantes.

Figura 12. Representação de alguns estudantes para a geometria molecular da água



Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

Segundo Johnstone (1993), muitos estudantes enfrentam obstáculos ao transitar entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico da Química, sendo o nível submicroscópico no qual se insere a Geometria Molecular particularmente desafiador. Nesse contexto, as representações inadequadas ou parcialmente adequadas refletem limitações na construção de modelos mentais coerentes, reforçando a importância do uso de recursos visuais e manipuláveis ao longo da sequência didática.

Em continuidade daremos início a análise da “QUESTÃO 03. *Tanto a água (H_2O) quanto o dióxido de carbono (CO_2) apresentam três átomos em suas moléculas. Em sua opinião podemos esperar a mesma geometria molecular para estas duas substâncias? Justifique sua resposta*”. A Tabela 4 apresenta categorias atribuídas a questão 3.

Tabela 4. Categorias de respostas dos estudantes à Questão 3 do questionário prévio

Categoria	Conceito norteador	Exemplos de respostas dos estudantes
Mesma geometria pelo número de átomos	Igualdade baseada apenas na quantidade de átomos	<i>“Sim, porque têm três átomos”</i> <i>“Sim, pois no esboço do desenho são semelhantes.”</i>
Geometrias diferentes sem justificativa	Reconhecimento da diferença sem explicação	“Não, são diferentes”
Diferença associada ao átomo central	Menção ao papel do átomo central	<i>“O átomo do meio muda”</i>
Diferença associada à estrutura espacial	Referência intuitiva à organização dos átomos	<i>“Eles se organizam diferente”</i>
Desconhecimento do conceito	Estudante afirma não saber	<i>“Não sei”</i>
Associação incorreta	Estudante afirma, porém não relaciona aos termos adequados.	<i>“Não, pois são elementos diferentes”.</i>
Associação adequada sem relação conceitual.	Explicações baseadas apenas nos elementos formadores.	<i>“Não, pois são substâncias diferentes”.</i>
Associação adequada com relação conceitual	Explicação baseada em conceitos	<i>“Não, pois a água tem quatro polos de repulsão e o gás carbônico apenas dois”</i>

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

Na Questão 03, observou-se que uma parcela significativa dos estudantes acredita que moléculas com o mesmo número de átomos devem apresentar a mesma geometria molecular, como no caso da água (H_2O) e do dióxido de carbono (CO_2). Essa concepção evidencia uma generalização inadequada baseada em critérios quantitativos simples, desconsiderando fatores estruturais mais complexos.

De acordo com Taber (2002), esse tipo de raciocínio caracteriza uma concepção alternativa, construída a partir de explicações intuitivas que fazem sentido para o estudante, mas que não estão alinhadas com os modelos científicos aceitos. Alguns estudantes, entretanto, reconheceram que as geometrias das moléculas são diferentes, ainda que suas justificativas não apresentassem fundamentação conceitual consistente.

Esses resultados reforçam o argumento de Johnstone (2000), ao afirmar que dificuldades na compreensão da estrutura molecular decorrem, em grande parte, da ausência de modelos explicativos claros que auxiliem o estudante a interpretar a organização espacial das moléculas. Assim, a Questão 03 evidencia a necessidade de intervenções pedagógicas que

explicitem os fatores determinantes da geometria molecular, superando explicações simplistas baseadas apenas no número de átomos.

Por fim, apresentamos a análise da “QUESTÃO 04. *Na sua opinião, o que causa as diferenças nas geometrias moleculares das substâncias químicas?*”. A Tabela 5 apresenta categorias atribuídas a questão 4.

Tabela 5. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão 4 do questionário prévio

Categoria	Conceito norteador	Exemplos de respostas dos estudantes
Diferença entre os átomos	Atribuição às características dos átomos	<i>“Depende do tipo de átomo”</i>
Quantidade de átomos	Associação ao número de átomos	<i>“Quantidade de átomos”</i>
Repulsão ou forças (intuitivo)	Menção genérica a forças de repulsão	<i>“Eles se repelem”</i>
Ausência de explicação	Estudante não consegue justificar	<i>“Não sei”</i>
Referência à repulsão eletrônica (modelo VSEPR)	Resposta que reconhece que as diferenças nas geometrias moleculares estão relacionadas à repulsão entre os pares de elétrons ao redor do átomo central	<i>“A repulsão entre os elétrons presentes no átomo central”</i>

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

As respostas à Questão 04 indicam que os estudantes apresentam concepções fragmentadas sobre os fatores responsáveis pelas diferenças nas geometrias moleculares das diferentes substâncias químicas. Parte dos estudantes atribuiu essas diferenças ao tipo ou à quantidade de átomos, enquanto outros mencionaram, de forma intuitiva, a existência de forças ou repulsões entre eles.

Nesse sentido, Johnstone, (1993) apontam para a dificuldade de articulação entre diferentes níveis de representação. Atribuições baseadas no tipo ou na quantidade de átomos indicam uma compreensão ainda restrita do nível simbólico, enquanto menções intuitivas a forças ou repulsões revelam aproximações incipientes do nível submicroscópico, sem a consolidação do modelo científico.

Embora essas menções não estejam conceitualmente estruturadas, elas podem ser interpretadas como indícios iniciais de aproximação ao modelo de Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR). Segundo Ausubel (2003), ideias iniciais, mesmo

que incompletas ou imprecisas, desempenham papel fundamental na aprendizagem significativa, desde que sejam consideradas no planejamento didático.

A presença dessas concepções reforça a importância de estratégias que promovam a reorganização cognitiva dos estudantes, favorecendo a compreensão de modelos científicos mais elaborados. Conforme defendem Gilbert e Treagust (2009) e também Lima, Figueiredo, e Machado (2024), a utilização de modelos, simulações e atividades práticas contribui para a construção de explicações mais consistentes sobre fenômenos que envolvem a estrutura molecular.

Por fim, para a categoria “Referência à repulsão eletrônica (modelo VSEPR)” indica concepções cientificamente adequadas ou em processo de consolidação, evidenciando a presença de subsunçores relevantes (Ausubel, 2003). As demais categorias revelam concepções iniciais baseadas em explicações macroscópicas ou descritivas, frequentemente observadas em estudos sobre ensino de Geometria Molecular (Taber, 2002; Johnstone, 2000).

5.2. Análises do questionário pós-teste – Anexo II

Antes da apresentação das tabelas, as respostas dos estudantes foram analisadas individualmente para cada questão do instrumento, com base nos pressupostos da Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2015), considerando tanto as produções discursivas quanto as representações gráficas (desenhos) quando solicitadas.

Para fins de clareza e contextualização, o enunciado de cada questão é retomado antes da respectiva tabela, de modo a explicitar o objeto de análise. As categorias apresentadas nas tabelas resultam do exame do corpus de respostas dos estudantes e foram construídas a partir de critérios relacionados à adequação conceitual, à coerência científica e à capacidade de representação dos conceitos de Geometria Molecular. Assim, cada tabela sintetiza as principais concepções evidenciadas nas respostas à questão analisada, servindo de base para a discussão qualitativa apresentada na sequência.

A seguir iniciaremos a análise descritiva de cada questão. Daremos início a nossa análise pela “**QUESTÃO 01:** *Agora que você já participou das aulas e já conheceu melhor o significado da palavra geometria, faça um desenho que represente a geometria molecular para a molécula de dióxido de carbono (CO₂) e atribua o nome desta geometria*”.

Essa questão teve como objetivo verificar se os estudantes, após a sequência didática desenvolvida, foram capazes de representar e identificar corretamente a geometria molecular do dióxido de carbono (CO₂). Esperava-se que mobilizassem os conhecimentos construídos ao

longo das aulas, especialmente no que se refere à visualização espacial das moléculas, à aplicação do modelo VSEPR e ao uso adequado da nomenclatura científica.

A análise das respostas, organizada em categorias apresentadas na Tabela 6, evidenciou diferentes níveis de compreensão, permitindo identificar avanços na capacidade de representação gráfica e no reconhecimento da geometria linear do CO_2 , bem como persistências de dificuldades relacionadas à representação e à formalização conceitual. Esses resultados indicam que a questão cumpriu seu papel avaliativo ao fornecer subsídios para a análise dos impactos da intervenção pedagógica sobre a aprendizagem dos estudantes.

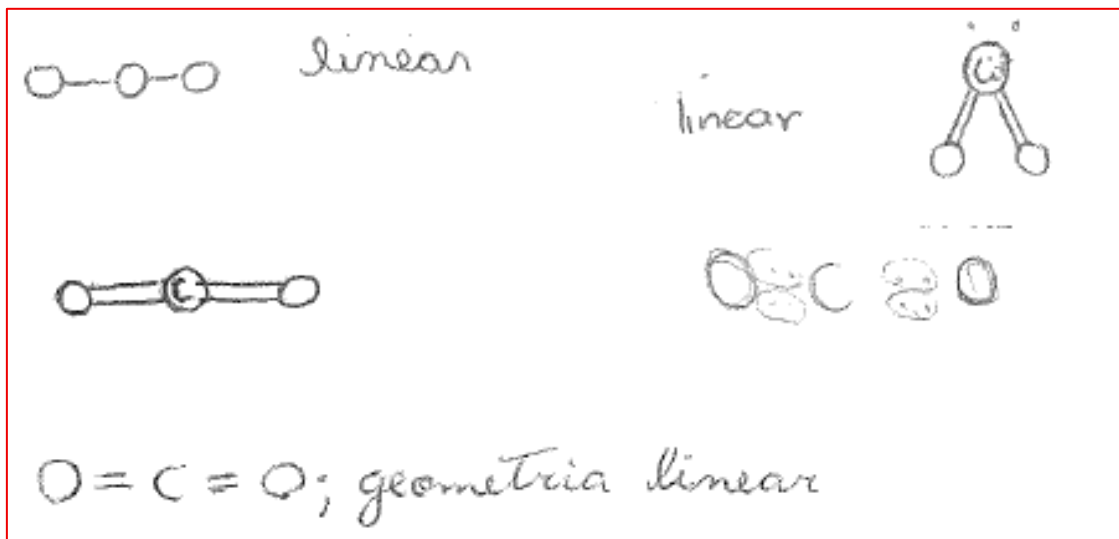
Tabela 6. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão 1 do pós-teste

Categoria	Conceito norteador	Evidências nas respostas dos estudantes
Representação adequada	Desenhos que apresentam a molécula de CO_2 com disposição linear dos átomos, com o carbono central ligado a dois átomos de oxigênio em linha reta, acompanhados da correta nomeação da geometria molecular (linear).	Representações com $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ em linha reta; indicação explícita da geometria linear.
Representação parcialmente adequada	Desenhos que indicam o carbono como átomo central e dois oxigênios periféricos, porém com falhas na disposição espacial (ângulos incorretos) ou ausência da nomeação correta da geometria.	Representações com estrutura semelhante à linear, mas com leve curvatura ou sem identificação do nome da geometria.
Representação inadequada ou ausente	Desenhos que apresentam geometria angular ou indefinida, confusão com a molécula de água, ou ausência de representação gráfica e/ou conceitual.	Estruturas angulares semelhantes ao H_2O ; ausência de desenho ou resposta incompleta.

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A figura 13 demonstra as diferentes representações utilizadas pelos estudantes em resposta a questão 1 do pós-teste.

Figura 13. Representação da geometria molecular do CO₂, feita pelos estudantes no pós-teste



Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A análise das respostas à Questão 01 do pós-teste evidencia um avanço significativo na compreensão dos estudantes acerca da geometria molecular do dióxido de carbono (CO₂), quando comparada aos resultados obtidos no questionário prévio. Observa-se que a maioria das representações elaboradas apresenta a molécula com disposição linear, identificando corretamente o átomo de carbono como central e os átomos de oxigênio posicionados em sentidos opostos, em concordância com o modelo da Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR).

Esse resultado indica que os estudantes passaram a relacionar o número de regiões eletrônicas ao redor do átomo central com a forma geométrica da molécula, superando concepções iniciais observadas no pré-teste, nas quais havia a atribuição de uma geometria angular ao CO₂, baseada apenas no número de átomos presentes na molécula quando comparado com a molécula da água. Tal avanço sugere uma evolução na capacidade de visualização espacial e no uso de modelos explicativos, aspecto considerado fundamental para a aprendizagem de conceitos estruturais em Química (Johnstone, 1993; Gilbert; Treagust, 2009).

As representações parcialmente adequadas indicam que, embora alguns estudantes ainda apresentem dificuldades pontuais na disposição espacial dos átomos ou na nomeação da geometria, há indícios claros de reorganização conceitual, uma vez que o átomo central é corretamente identificado e a estrutura geral se aproxima do modelo científico. Segundo

Ausubel (2003), esse tipo de resposta caracteriza um processo de aprendizagem significativa em construção, no qual novos conceitos passam a se ancorar progressivamente na estrutura cognitiva do estudante.

Em contraste, o número reduzido de representações inadequadas ou ausentes sugere que as dificuldades observadas no questionário prévio foram, em grande parte, minimizadas após a sequência didática. Esse resultado pode ser atribuído à combinação de estratégias pedagógicas adotadas, como o uso de simulações computacionais, atividades experimentais e representações tridimensionais, que favoreceram a compreensão do nível submicroscópico da matéria (Talanquer, 2011).

De modo geral, os dados da Questão 01 do pós-teste indicam que os estudantes demonstraram maior domínio conceitual e representacional em relação à geometria molecular do CO₂, evidenciando avanços consistentes quando comparados às concepções iniciais diagnosticadas no questionário prévio. Esses resultados reforçam a importância de abordagens didáticas diversificadas e mediadas por tecnologias digitais no ensino de Geometria Molecular (Almeida, 2011; Moran, 2015).

Na sequência daremos início a análise das respostas obtidas na “**QUESTÃO 02: A ciência química, ao menos nos cem últimos anos, desenvolveu-se em torno de um grande e fundamental conceito unificador: a estrutura molecular. O químico vem, nesse mesmo período, identificando química com estrutura molecular. O químico é como que um profissional das moléculas, e quando ‘pensa’ nelas ele tem como objeto um arranjo tridimensional muito bem definido dos átomos que constituem cada molécula em particular no espaço”** (Tostes, 1988, p. 17). Há vários exemplos que podem ser citados, dentre eles o arranjo angular entre dois átomos de hidrogênio e um oxigênio, que resulta na molécula da água. Observe a estrutura apresentada a seguir e indique o nome correto da sua geometria molecular”.

Na Questão 2 do pós-teste, buscou-se avaliar a capacidade dos estudantes de reconhecer e nomear corretamente uma geometria molecular a partir da observação de uma representação tridimensional, articulando o conceito de estrutura molecular discutido no texto introdutório com a análise visual da figura apresentada.

Esperava-se que os estudantes identificassem a geometria octaédrica, mobilizando conhecimentos relacionados à organização espacial dos átomos e ao uso adequado da nomenclatura científica.

As categorias apresentadas na Tabela 7 permitem analisar o nível de compreensão alcançado pelos estudantes quanto à leitura e interpretação de modelos tridimensionais, aspecto

central para o entendimento da Geometria Molecular, além de evidenciar avanços conceituais decorrentes das atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática.

Tabela 7. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão 2 do pós-teste

Categoria	Conceito norteador	Evidências nas respostas dos estudantes
Identificação adequada	Respostas que identificam corretamente a geometria molecular representada como octaédrica, reconhecendo a disposição tridimensional dos átomos ao redor do átomo central.	Uso explícito do termo “octaédrica”; associação correta com seis ligantes ao redor do átomo central.
Identificação inadequada ou ausente	Respostas que associam a figura a geometrias incorretas (tetraédrica, trigonal, linear) ou não apresentam resposta.	Confusão entre geometrias ou ausência de identificação.

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A análise das respostas à Questão 02 evidencia que a maioria dos estudantes, aproximadamente 60%, foi capaz de identificar corretamente a geometria molecular octaédrica a partir de uma representação tridimensional, demonstrando domínio da nomenclatura científica e compreensão da organização espacial dos átomos ao redor do átomo central. Esse resultado indica avanços conceituais quando comparado ao questionário prévio, no qual não se observava o reconhecimento de geometrias moleculares mais complexas.

Por outro lado, as respostas classificadas como inadequadas ou ausentes revelam que uma parcela dos estudantes ainda apresenta dificuldades na interpretação de representações tridimensionais, especialmente no que se refere à distinção entre diferentes tipos de geometria molecular. Essas dificuldades apontam a visualização espacial como um dos principais desafios no ensino de estrutura molecular (Johnstone, 1993; Gilbert; Treagust, 2009).

É importante destacar que, diferentemente do questionário prévio, no pós-teste observa-se a presença de respostas que utilizam corretamente a nomenclatura “octaédrica”, o que sugere que a sequência didática desenvolvida contribuiu para ampliar o repertório conceitual dos estudantes. Segundo Ausubel (2003), esse tipo de evidência indica a

incorporação de novos conceitos à estrutura cognitiva do aprendiz, favorecida pela articulação entre atividades expositivas, experimentais e o uso de recursos tecnológicos.

Dessa forma, embora persistam dificuldades pontuais, os resultados da Questão 02 apontam para avanços no reconhecimento e na nomeação de geometrias moleculares tridimensionais, aspecto essencial para a compreensão da estrutura molecular no ensino de Química.

A seguir iniciaremos a análise da **“QUESTÃO 03. Um professor propõe aos estudantes de sua turma o desafio de identificar uma molécula por meio das seguintes descrições: “Essa molécula apresenta quatro ângulos entre seus átomos periféricos e o elemento central. No estado gasoso, esses ângulos são aproximadamente 109° . Nessa estrutura há apenas ligações do tipo simples entre o átomo central e os átomos periféricos. O átomo central é um ametal de menor número atômico pertencente à família 14 da tabela periódica. Os átomos periféricos são do mesmo elemento e pertencem a primeira coluna da tabela periódica”.** Levando em consideração todas as informações e seus conhecimento sobre o assunto, faça um desenho representando corretamente os átomos que foram descritos e a geometria molecular adequada para essa estrutura.”

A Questão 3 do pós-teste teve como objetivo avaliar a capacidade dos estudantes de integrar diferentes informações conceituais para identificar corretamente uma molécula e sua geometria molecular.

A partir da descrição fornecida envolvendo dados sobre ângulos de ligação, tipo de ligação química, características do átomo central e dos átomos periféricos. Esperava-se que os estudantes mobilizassem conhecimentos relativos ao modelo VSEPR, à Tabela Periódica e à representação tridimensional das moléculas.

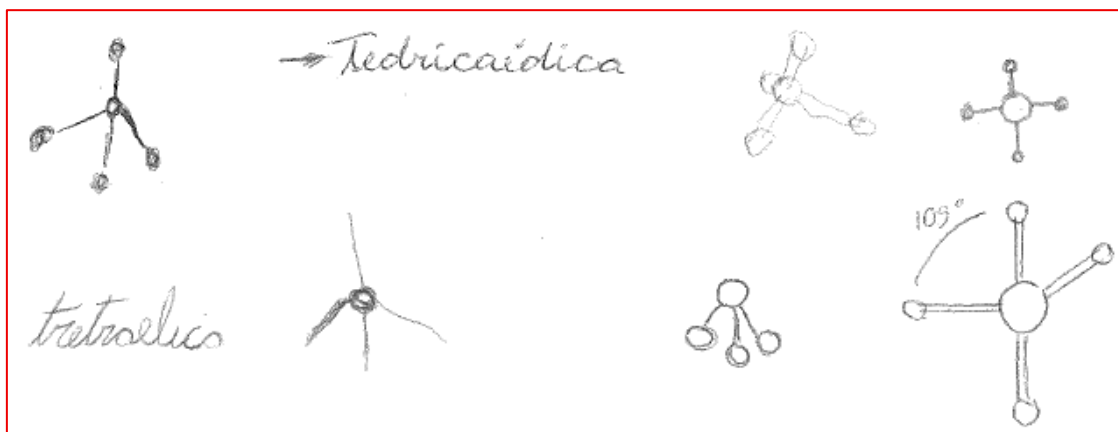
Além disso, a solicitação do desenho da estrutura molecular permitiu analisar não apenas o reconhecimento da geometria adequada, mas também a habilidade de visualização espacial e de representação gráfica dos arranjos moleculares. A Tabela 8 apresenta as categorias atribuídas às respostas dos estudantes para essa questão, possibilitando identificar diferentes níveis de compreensão conceitual e representacional acerca da Geometria Molecular.

Tabela 8. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão 3 do pós-teste

Categoria	Conceito norteador	Evidências nas respostas dos estudantes
Representação adequada	Respostas que apresentam desenho compatível com a molécula descrita (metano – CH ₄), com átomo central ligado a quatro átomos periféricos e identificação correta da geometria molecular tetraédrica.	Desenhos com C central e quatro H distribuídos tridimensionalmente; indicação explícita da geometria tetraédrica.
Representação parcialmente adequada	Respostas que identificam corretamente o átomo central e os átomos periféricos, mas apresentam falhas na disposição espacial tridimensional ou ausência da nomeação da geometria molecular.	Representações planas do CH ₄ ; desenhos parcialmente corretos sem indicação do nome da geometria.
Representação inadequada ou ausente	Respostas que não correspondem à descrição fornecida, apresentam número incorreto de átomos, geometria incompatível ou ausência de resposta.	Desenhos com maior ou menor quantidade de átomos, geometrias não relacionadas ou ausência de representação.

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A figura 14 demonstra as diferentes representações utilizadas pelos estudantes em resposta a questão 3 do pós-teste.

Figura 14. Representações atribuídas a descrição da questão 3 do pós-teste

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A análise das respostas à Questão 03 evidencia diferentes níveis de compreensão dos estudantes quanto à identificação e representação de uma molécula com geometria tetraédrica. As respostas classificadas como representações adequadas demonstram que os estudantes foram capazes de integrar corretamente as informações fornecidas no enunciado como o valor aproximado dos ângulos de ligação, o tipo de ligação química e a posição dos elementos na tabela periódica para identificar a molécula descrita (metano) e representar adequadamente sua geometria molecular.

As representações parcialmente adequadas indicam que parte dos estudantes conseguiu reconhecer os elementos estruturais centrais da molécula, como o átomo de carbono ligado a quatro átomos de hidrogênio, porém apresentou limitações na visualização tridimensional ou na utilização da nomenclatura científica apropriada. Esse tipo de resposta sugere que, embora os conceitos fundamentais tenham sido mobilizados, a compreensão espacial da estrutura molecular ainda se encontra em processo de consolidação. Segundo Ausubel (2003), esse estágio caracteriza uma aprendizagem significativa em desenvolvimento, na qual os novos conceitos ainda não foram plenamente estabilizados na estrutura cognitiva do estudante.

As respostas classificadas como inadequadas ou ausentes revelam dificuldades mais acentuadas, especialmente na interpretação integrada das informações textuais e na construção de representações espaciais coerentes. Tais dificuldades são recorrentes no ensino de Geometria Molecular e estão relacionadas à complexidade cognitiva exigida para transitar entre os níveis simbólico, submicroscópico e representacional da Química (Johnstone, 1993; Gilbert; Treagust, 2009).

Quando comparados aos resultados do questionário prévio, observa-se um avanço significativo, uma vez que, no pós-teste, surgem representações adequadas e parcialmente adequadas que evidenciam maior domínio conceitual e representacional. Esse avanço pode ser atribuído à diversificação metodológica, sequência didática desenvolvida, que articulou aulas expositivas dialogadas, simulações computacionais, atividades experimentais e o uso do aplicativo educacional (GeoMol), favorecendo a construção de modelos mentais mais elaborados para a compreensão da estrutura molecular (Moran, 2015).

De modo geral, os resultados da Questão 03 indicam que os estudantes apresentaram progressos consistentes na compreensão da geometria tetraédrica, ainda que persistam desafios relacionados à representação tridimensional, aspecto amplamente reconhecido como um dos principais entraves no ensino de Geometria Molecular (Lima, *et. al*, 2023).

Por fim daremos início a análise da “**Questão Extra:** Escreva a fórmula estrutural e indique a geometria molecular da água.”

A questão extra teve como finalidade estabelecer uma comparação direta entre as concepções iniciais dos estudantes, identificadas na Questão 2 do questionário prévio, e os conhecimentos construídos ao longo da sequência didática, evidenciados no pós-teste.

Ao solicitar que os estudantes escrevessem a fórmula estrutural e indicassem a geometria molecular da água, buscou-se verificar se houve avanço na compreensão tanto da representação estrutural da molécula quanto da identificação correta de sua geometria, considerando os princípios do modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência (VSEPR).

Dessa forma, essa questão possibilitou analisar de maneira mais objetiva a evolução conceitual dos estudantes em relação à Geometria Molecular, permitindo identificar mudanças qualitativas nas representações e na utilização da nomenclatura científica adequada após a intervenção pedagógica. A Tabela 9 apresenta as categorias de respostas atribuídas a essa questão extra do pós-teste.

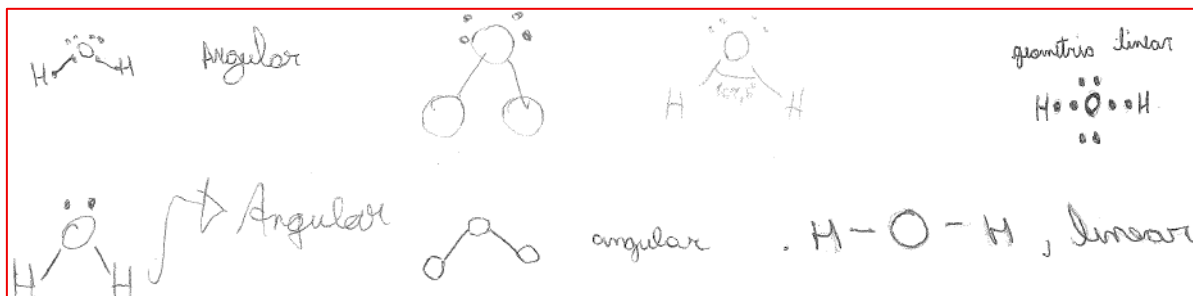
Tabela 9. Categorias de Respostas dos estudantes à Questão extra do pós-teste

Categoria	Conceito norteador	Evidências nas respostas dos estudantes
Representação adequada	Respostas que apresentam a fórmula estrutural correta da molécula de água, com o oxigênio como átomo central ligado a dois átomos de hidrogênio, e identificação correta da geometria molecular angular (ou em V).	Desenhos com átomo de oxigênio (O) central, dois átomos de hidrogênio (H) periféricos e indicação explícita da geometria angular.
Representação parcialmente adequada	Respostas que apresentam corretamente os átomos constituintes da molécula, mas com falhas na disposição espacial (ângulos incorretos ou estrutura linear) ou ausência da nomenclatura da geometria molecular.	Representações corretas da fórmula estrutural sem nomeação da geometria ou com ângulos imprecisos.
Representação inadequada ou ausente	Respostas que apresentam estrutura incorreta, geometria incompatível ou ausência de resposta.	Representações lineares, confusão com outras moléculas ou ausência de desenho.

Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A figura 15 demonstra as diferentes representações utilizadas pelos estudantes em resposta a questão extra do pós-teste.

Figura 15. Representações atribuídas em resposta a questão extra do questionário pós-teste.



Fonte: elaboração do próprio autor (dados da pesquisa, 2025).

A análise das respostas à questão extra evidencia diferentes níveis de compreensão dos estudantes acerca da estrutura e da geometria molecular da água. As representações adequadas demonstram que os estudantes foram capazes de identificar corretamente o oxigênio como átomo central, reconhecer a presença de dois átomos de hidrogênio e indicar a geometria angular da molécula, evidenciando compreensão do papel desempenhado pelos pares de elétrons não ligantes na definição da forma molecular.

As representações parcialmente adequadas indicam que parte dos estudantes compreende a constituição básica da molécula de água, porém ainda apresenta dificuldades relacionadas à visualização tridimensional ou à utilização da nomenclatura científica adequada. Em alguns casos, observa-se a representação correta dos átomos, mas com disposição linear ou ausência da identificação formal da geometria molecular. Esse tipo de resposta sugere um processo de aprendizagem em consolidação, no qual os conceitos fundamentais já foram mobilizados, mas ainda carecem de maior estabilização cognitiva (Ausubel, 2003).

As respostas classificadas como inadequadas ou ausentes revelam dificuldades mais acentuadas, especialmente no que se refere à compreensão da relação entre estrutura eletrônica e forma molecular. Essas dificuldades já haviam sido identificadas no questionário prévio, no qual predominavam concepções baseadas exclusivamente no número de átomos da molécula, sem consideração dos pares de elétrons não ligantes ou simplesmente a indicação de desconhecimento da geometria molecular da água.

Quando comparados aos resultados do questionário prévio, os dados do pós-teste evidenciam avanços significativos, sobretudo pelo aumento de representações adequadas e pela redução de respostas totalmente inadequadas. Esse progresso indica que a sequência didática desenvolvida contribuiu para ampliar a compreensão dos estudantes sobre a relação entre

estrutura, geometria molecular e propriedades das substâncias, aspecto central no ensino de Química (Johnstone, 1993; Gilbert; Treagust, 2009).

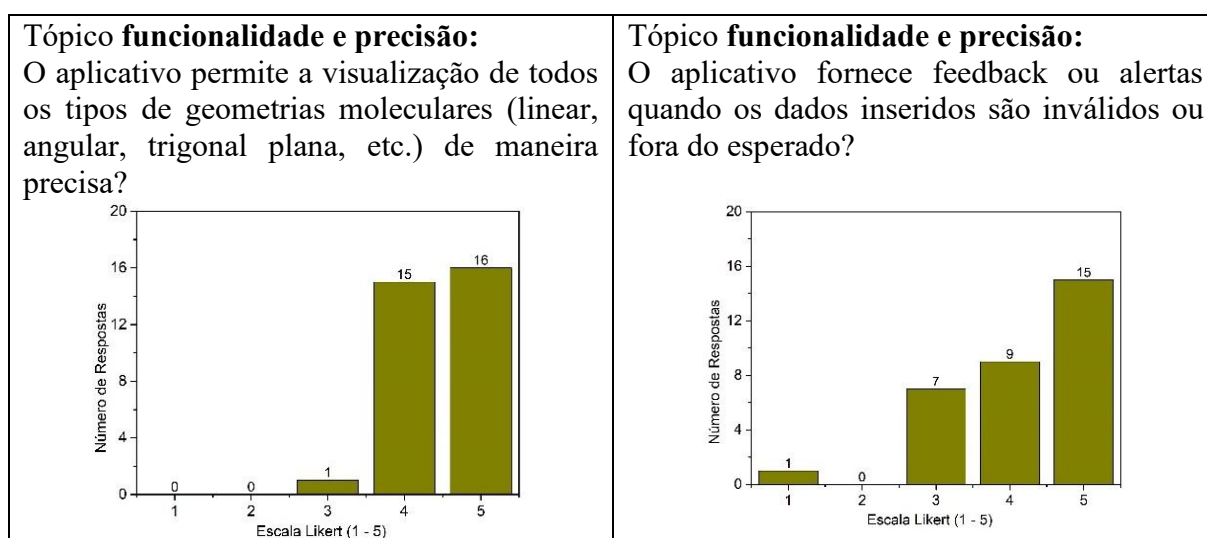
De modo geral, a análise da questão extra reforça que o uso articulado de diferentes estratégias pedagógicas; aulas expositivas dialogadas, simulações computacionais, atividades experimentais e recursos digitais, favoreceu a construção de modelos mentais mais consistentes acerca da Geometria Molecular, promovendo avanços conceituais em relação às concepções iniciais diagnosticadas no início da pesquisa (Moran, 2015).

5.3. Avaliação do aplicativo – Anexo III

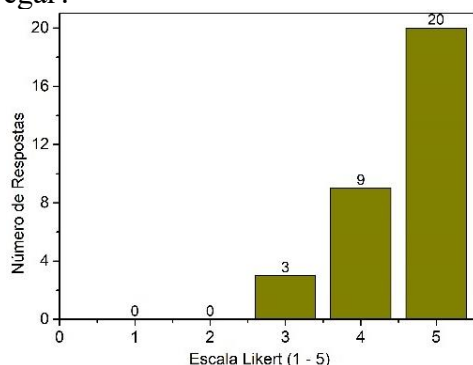
A avaliação do aplicativo GeoMol foi realizada por meio de questionário estruturado em escala Likert de cinco pontos (1 = discordo totalmente/muito ruim a 5 = concordo totalmente/muito bom), aplicado via Google Formulários. Após a etapa de utilização do aplicativo em sala, o instrumento foi respondido por 32 estudantes e contemplou 11 itens fechados e uma questão aberta para registro de comentários e sugestões.

O instrumento teve como objetivo analisar as percepções dos estudantes quanto à funcionalidade, usabilidade, recursos educacionais, desempenho e engajamento proporcionados pelo aplicativo, bem como identificar em que medida sua utilização contribuiu para a aprendizagem dos conceitos de Geometria Molecular. Os resultados evidenciam uma avaliação predominantemente positiva do aplicativo em todos os eixos analisados. Todos os gráficos da figura 16, para as 11 questões fechadas, foram gerados com auxílio do programa Microcal Origin (2013) e são apresentados para fins de verificação das respostas.

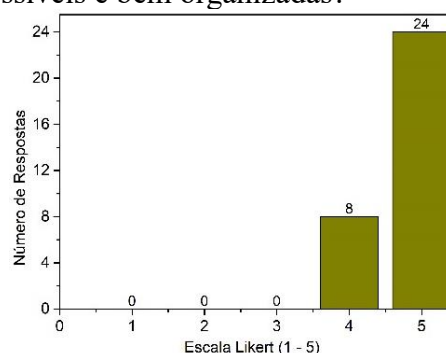
Figura 16. Respostas atribuídas às perguntas de avaliação do App GeoMol (escala Likert 1-5).



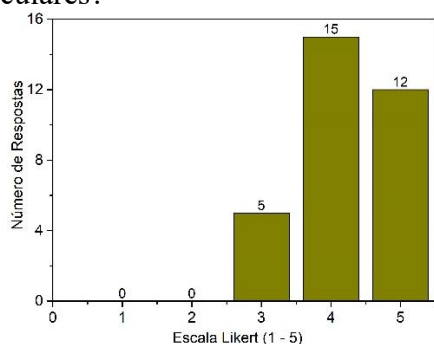
Tópico Interface do Usuário:
A interface do usuário é intuitiva e fácil de navegar?



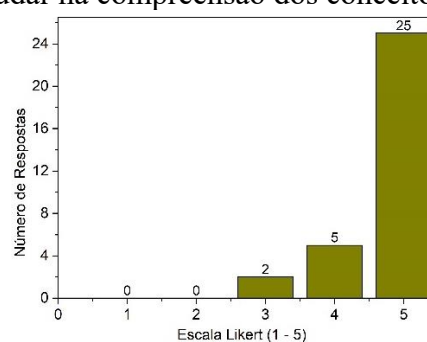
Tópico Interface do Usuário:
As funcionalidades do aplicativo são acessíveis e bem organizadas?



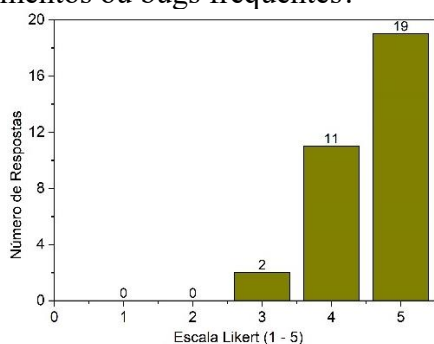
Tópico Recursos Educacionais:
O aplicativo oferece explicações claras e detalhadas sobre diferentes geometrias moleculares?



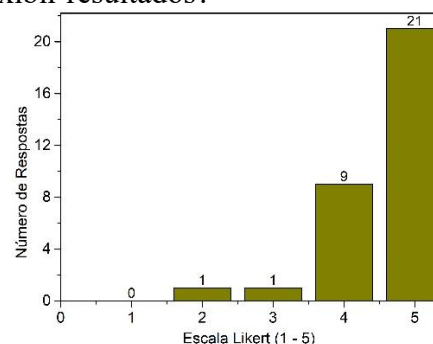
Tópico Recursos Educacionais:
Você considera que a inserção de recursos adicionais, como vídeos ou animações, pode te ajudar na compreensão dos conceitos?

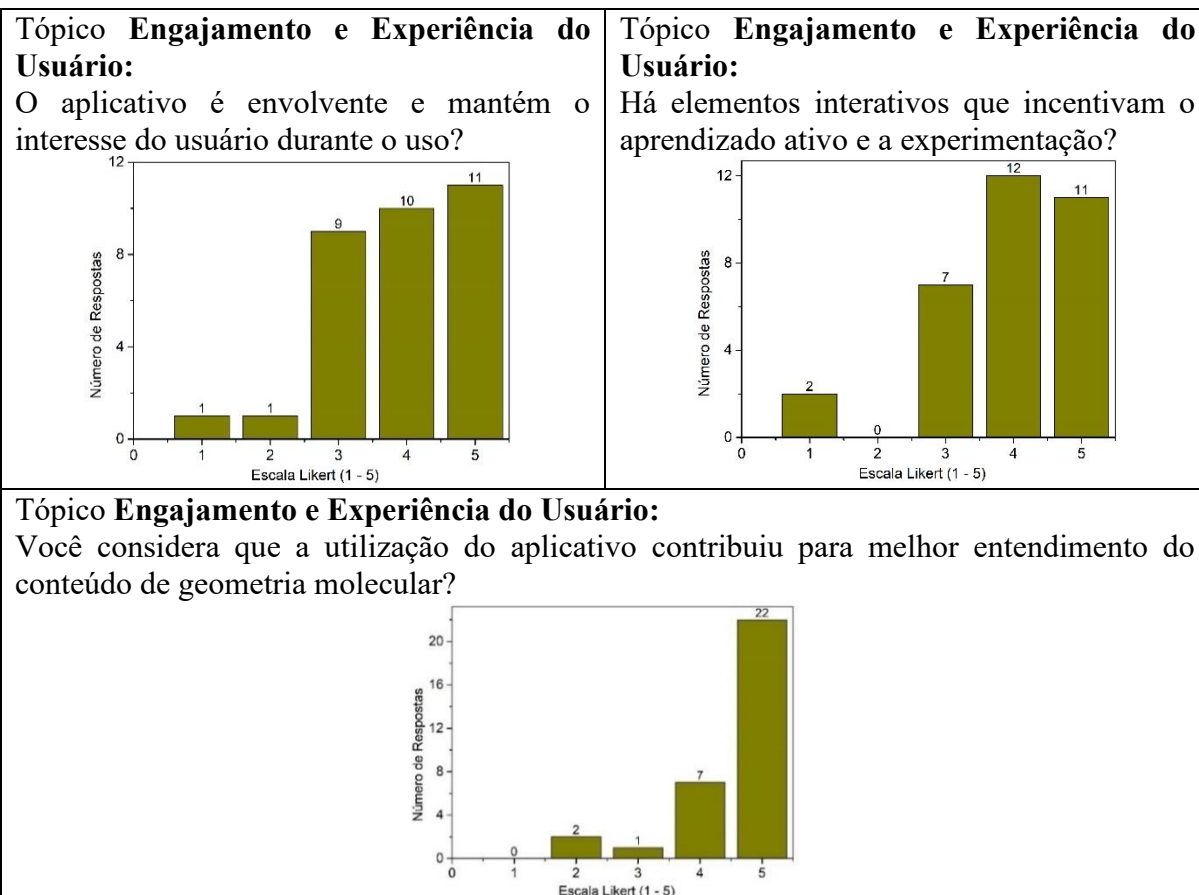


Tópico Desempenho e estabilidade:
O aplicativo funciona de forma fluida sem travamentos ou bugs frequentes?



Tópico Desempenho e estabilidade:
O tempo de resposta do aplicativo é adequado ao exibir resultados?

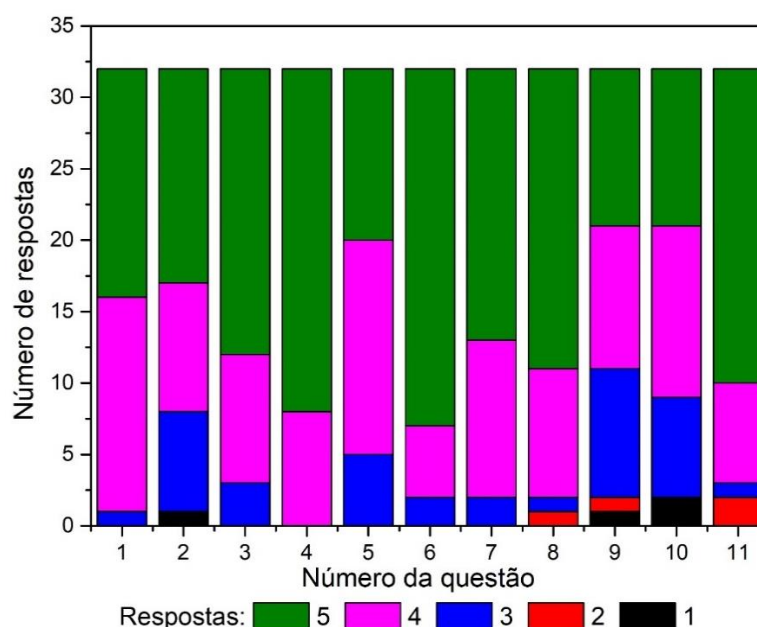




Fonte: elaboração do autor (dados da pesquisa, 2025), com auxílio do programa Microcal Origin.

Com o objetivo de facilitar a visualização das tendências das respostas, apresentamos a seguir os gráficos que sintetizam a distribuição das respostas por item (barras empilhadas) e os preceituais por eixo avaliativo (Figura 17).

Figura 17. Distribuição das respostas por item (barras empilhadas; escala Likert 1–5).



Fonte: elaboração do autor (dados da pesquisa, 2025), com auxílio do programa Microcal Origin.

5.3.1. Resultados por Eixo Avaliativo

Para fins analíticos, os itens foram agrupados em cinco eixos: (i) funcionalidade e precisão; (ii) usabilidade e interface do usuário; (iii) recursos educacionais; (iv) desempenho e estabilidade; e (v) engajamento e experiência do usuário. A Tabela 10 sintetiza os resultados por eixo.

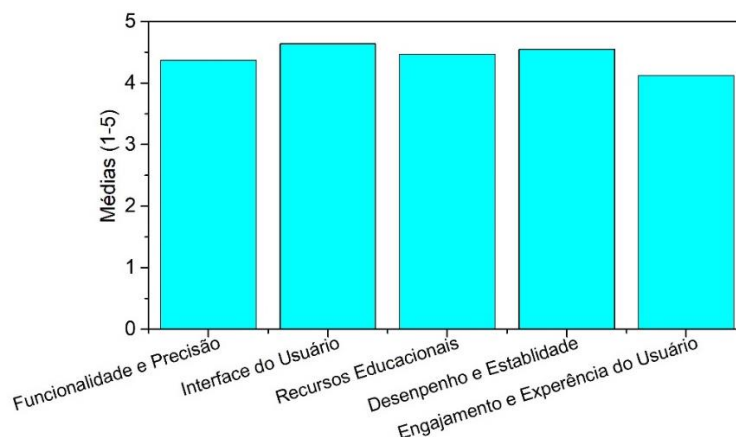
Tabela 10. Síntese dos resultados por eixo avaliativo

Eixo	Itens (n)	Média	Mediana	% médio 4–5
Usabilidade e interface do usuário	2	4,64	5,00	95,3%
Desempenho e estabilidade	2	4,55	4,50	93,8%
Recursos educacionais	2	4,47	4,50	89,1%
Funcionalidade e precisão	2	4,31	4,50	85,9%
Engajamento e experiência do usuário	3	4,12	4,33	76,0%

Fonte: elaboração do autor (dados da pesquisa, 2025), com auxílio do programa Microcal Origin.

Verifica-se avaliação positiva em todos os eixos, com médias superiores a 4,0, como evidencia a Figura 18. O maior destaque foi o eixo “Usabilidade e interface do usuário”, indicando que os estudantes perceberam o GeoMol como intuitivo, de navegação simples e com funcionalidades acessíveis. Em contrapartida, o eixo “Engajamento e experiência do usuário” apresentou a menor média entre os eixos, sugerindo oportunidades de aprimoramento para tornar a experiência mais envolvente, sem comprometer a estabilidade técnica já reconhecida pelos estudantes.

Figura 18. Médias por eixo avaliativo do App GeoMol (escala Likert 1–5).



Fonte: elaboração do autor (dados da pesquisa, 2025), com auxílio do programa Microcal Origin.

5.3.2. Resultados por item

A Tabela 11 apresenta estatísticas descritivas por item (média, desvio-padrão, mediana e percentuais de respostas), permitindo identificar aspectos de maior aprovação e pontos que demandam aperfeiçoamento.

Tabela 11. Estatística descritiva por item (escala Likert 1–5; N = 32)

Item	Média	Desvio Padrão	Mediana	% (4-5)	% (1-2)
Funcionalidades acessíveis e organizadas	4,75	0,44	5,00	100,0%	0,0%
Recursos adicionais (vídeos/animações) ajudariam	4,72	0,58	5,00	93,8%	0,0%
Tempo de resposta adequado	4,56	0,72	5,00	93,8%	3,1%
Interface intuitiva e fácil de navegar	4,53	0,67	5,00	90,6%	0,0%
Fluidez (sem travamentos/bugs)	4,53	0,62	5,00	93,8%	0,0%
Contribuiu para entender melhor o conteúdo	4,53	0,84	5,00	90,6%	6,2%
Visualização precisa das geometrias	4,47	0,57	4,50	96,9%	0,0%
Explicações claras e detalhadas	4,22	0,71	4,00	84,4%	0,0%
Feedback/alertas para dados inválidos	4,16	0,99	4,00	75,0%	3,1%
Elementos interativos (aprendizado ativo)	3,94	1,08	4,00	71,9%	6,2%
Envolvente/mantém interesse	3,91	1,03	4,00	65,6%	6,2%

Fonte: elaboração do autor (dados da pesquisa, 2025), com auxílio do programa Microcal Origin.

Os resultados evidenciam elevada aprovação dos itens relacionados à organização das funcionalidades e à facilidade de acesso, bem como à fluidez e ao tempo de resposta do aplicativo. Por outro lado, os menores valores concentram-se nos itens associados à interatividade e ao engajamento, indicando que, embora o aplicativo seja funcional e estável, pode incorporar estratégias que favoreçam maior participação ativa do estudante durante o uso, como feedbacks mais explicativos e recursos multimídia (por exemplo, animações) que apoiem a exploração conceitual.

5.3.3. Análise qualitativa da questão aberta

As respostas discursivas da questão aberta foram tratadas por Análise de Conteúdo (Bardin, 2016), permitindo identificar recorrências e sugestões de melhoria que complementam a análise quantitativa. O Quadro 5 sintetiza as principais categorias emergentes e uma síntese interpretativa com exemplos de respostas dadas pelos estudantes.

Quadro 5. Categorias emergentes na questão aberta (síntese)

Categoria	Síntese interpretativa com exemplos de respostas
Sem sugestões de melhoria / elogios	Respostas do tipo “ <i>nada</i> ”, “ <i>ótimo</i> ”, “ <i>muito bom</i> ”, “ <i>Aplicativo muito fácil de mexer</i> ”, indicando satisfação global.
Interatividade e visualização 3D	Sugestões para rotacionar/manipular estruturas e ampliar a percepção espacial. “ <i>poder mexer na imagem das moléculas meio que em 3D</i> ”
Recursos multimídia (vídeos/animações/sons)	Pedidos por vídeos autoexplicativos, animações e/ou efeitos sonoros. “ <i>Ter vídeos explicando mais</i> ”, “ <i>Adicionar efeitos sonoros para deixar o jogo mais atrativo</i> ”.
Conteúdo de apoio e aprofundamento	Inclusão de informações de apoio: elétrons, tabela periódica, mais exemplos. “ <i>Ter os números de elétrons dos átomos envolvidos em questões/números atômicos</i> ”.
Ajustes de design/interface	Sugestões para tornar telas mais uniformes e visual mais atrativo. “ <i>Melhorar o design, tornando as várias telas mais uniformes em cores, tamanhos de letras, etc...</i> ”
Compatibilidade (iOS)	Registro de limitação de acesso por funcionar apenas em Android. “ <i>Poderia funcionar em dispositivos IOS, pois só funciona em Android</i> ”.
Feedback/correção mais explícita	Sugestão de mostrar a resposta correta e ampliar explicações ao errar. “ <i>Poderiam acrescentar um sistema de correção das perguntas mais exato</i> ”

Fonte: elaboração do autor (dados da pesquisa, 2025).

De modo geral, as respostas abertas indicam satisfação global com o GeoMol, visto que parte significativa dos estudantes registrou elogios ou afirmou não ter sugestões de melhoria. Entre as recomendações, destacam-se demandas por maior interatividade e visualização em 3D, inclusão de recursos multimídia (vídeos/animações/sons) e conteúdo de apoio para aprofundamento conceitual. Também apareceram sugestões pontuais relativas a ajustes de design/interface, compatibilidade com iOS e feedback mais explícito (apresentação da resposta correta e explicações ao erro), indicando caminhos de aprimoramento para ampliar engajamento e apoio à aprendizagem.

5.3.4. Discussão à luz do referencial teórico e das TDIC

Os resultados da avaliação indicam que o GeoMol foi percebido como um recurso digital com boa aceitação, sobretudo em termos de usabilidade, organização e estabilidade. No

âmbito das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), tais dimensões configuram condições essenciais para que um recurso se integre ao cotidiano escolar de modo efetivo, evitando que barreiras técnicas desviem a atenção dos objetivos de aprendizagem (Sweller; Ayres; Kalyuga, 2011; Mayer, 2009; Minas Gerais, 2024, P. 54)

À luz da teoria da aprendizagem significativa, o aplicativo pode favorecer a retomada e o reforço de conceitos de Geometria Molecular por meio de desafios e *feedbacks* que mobilizam conhecimentos já trabalhados nas aulas e nas atividades de simulação e experimentação. Nessa perspectiva, o GeoMol tende a apoiar a ancoragem de novos significados em subsunçores previamente ativados, contribuindo para a estabilização e a reorganização cognitiva dos conceitos (Ausubel, 2003).

A elevada aprovação em itens relacionados à clareza, organização e visualização sugere contribuição para o enfrentamento de dificuldades típicas do nível submicroscópico da Química, frequentemente apontado como um dos principais entraves para estudantes no estudo de estrutura e forma molecular (Johnstone, 1993).

Ainda assim, a menor média relativa nos itens de engajamento e interatividade, bem como sugestões recorrentes de manipulação/rotação em 3D, indicam que a visualização espacial pode ser potencializada com recursos que ampliem a leitura e a produção de representações, favorecendo a construção de modelos mentais mais consistentes (Gilbert; Treagust, 2009).

Sob a perspectiva freireana, os dados apontam caminhos para intensificar o caráter problematizador do uso do aplicativo. Incrementos em interatividade, *feedback* formativo e possibilidades de exploração podem ampliar o protagonismo do estudante, favorecendo a investigação, a argumentação e a tomada de decisão durante a atividade, em concordância com uma prática educativa dialógica e crítica (Freire, 2010). Dessa forma, o GeoMol pode transcender o papel de ferramenta de treino e consolidar-se como um mediador para a construção coletiva do conhecimento.

Em síntese, a avaliação revela que o GeoMol constitui um recurso didático digital pertinente ao ensino de Geometria Molecular. Sua boa usabilidade e estabilidade reforçam sua viabilidade de implementação em sala, enquanto as sugestões de melhoria apontam caminhos para potencializar a mediação pedagógica, especialmente no que se refere à interatividade, à visualização espacial e ao *feedback* explicativo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a aplicação da proposta didática mediada por tecnologias digitais evidenciaram o potencial das TDIC para o ensino de Geometria Molecular, principalmente no que se refere à compreensão de conceitos abstratos e à articulação entre diferentes níveis de representação química.

A etapa de diagnóstico inicial possibilitou identificar a falta de concepções a respeito da geometria molecular ou mesmo concepções fragmentadas dos estudantes acerca do tema, revelando dificuldades na compreensão das interações responsáveis pela organização espacial das moléculas.

A Sequência Didática desenvolvida, que integrou momentos expositivos, exploratórios, realização de experimentos bem como o uso do aplicativo educacional GeoMol, favoreceu a construção progressiva dos conceitos. A etapa de utilização do aplicativo mostrou-se particularmente relevante ao promover uma lógica iterativa, na qual o erro foi compreendido como parte constitutiva da aprendizagem, estimulando atitudes de persistência, revisão e apropriação dos conceitos trabalhados.

A análise dos resultados do questionário final indicou avanços consistentes no domínio conceitual e representacional dos estudantes, sobretudo no que diz respeito à geometria molecular de substâncias como o CO_2 e da H_2O , quando comparados às concepções iniciais. Esses resultados reforçam a importância de abordagens didáticas diversificadas e mediadas por tecnologias digitais, capazes de ampliar o protagonismo discente e favorecer a construção de significados mais elaborados no ensino de Química.

Nesse sentido, espera-se que este trabalho contribua para reflexões futuras sobre a integração crítica de tecnologias digitais na prática docente, bem como para o desenvolvimento de novas estratégias e abordagens de ensino diversificado, tendo em vista atender as diferentes maneiras de aprender apresentadas pelos nossos estudantes em sala de aula.

Por fim, compreende-se que a proposta desenvolvida não se apresenta como solução definitiva para os desafios do ensino de Geometria Molecular, mas como uma possibilidade pedagógica que evidencia o papel das TDIC como mediadoras do processo de ensino e de aprendizagem.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B. de. Integração de tecnologias à educação: novos desafios e significados na formação de professores. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 32, n. 114, p. 327–344, jan./mar. 2011.
- ALVES, B. X. P.; PONTES, F. B. L.; LIMA-JUNIOR, C. G. Uso do aplicativo “moléculas” para o ensino de geometria molecular: uma abordagem na perspectiva do mobile learning. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 3, n. 4, p. 1576-1586, 2021.
- ANDREATA, M. A. Aula expositiva e Paulo Freire. *Ensino em Re-Vista*, Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 700–724, set./dez. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ER-v26n3a2019-4>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.
- AZZELLINI, G. C. **Material Suplementar - Capítulo 2 – Ligação Covalente: teorias e estrutura molecular**. Instituto de Química, USP, 2017.
- BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018, 127 p.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2015, 288 p.
- BONILLA, M. H. S. **Escola Aprendente: para além da sociedade da informação**. Rio de Janeiro: Quartet, 2005. 224p.
- BRANDÃO, C. R. **Pesquisa Participante e a Participação da Pesquisa**. In: BRANDÃO, C. R. e STRECK, D. R. *Pesquisa participante: a partilha do saber*. Aparecida: Ideias e Letras, 2006.
- BRASIL, Conselho Nacional de Educação – Câmara de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Resolução nº 3, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013, 26 p.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3a. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014, 296 p.
- DE JONG, T.; VAN JOOLINGEN, W. R. Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, v. 68, n. 2, p. 179–201, 1998.
- DEJENE, K.; Belachew, W. Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge-Based Instruction and Level of Conceptual Understanding of Chemical Kinetics and Equilibrium concepts on Grade 11 Students. *Science Education International*. 2023 Disponível em: <https://doi.org/10.33828/sei.v34.i2.3>. Acesso: 09 de jan. 2026.

DOCHEV, D; HRISTOV, I. **Mobile Learning Applications – Ubiquitous Characteristics and Technological Solutions**. Bulgarian Academy Of Sciences Cybernetics And Information Technologies, p. 63-74, 2006.

FRANCO NETO, J. R.; SILVA, M. A. R. Tecnologias no ensino de geometria molecular: aspectos, propostas e reflexões. **Publicatio UEPG: Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas, Linguística, Letras e Artes**, v. 16, n. 2, p. 27-38, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2010, 76 p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008, 220 p.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (org.). **Multiple representations in chemical education**. Dordrecht: Springer, 2009, 30 p.

GILLESPIE, R. J.; NYHOLM, R. S. **Inorganic stereochemistry**. Quarterly Reviews, London, v. 11, p. 339–380, 1957.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: Tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

JAMIESON, S. Likert scales: how to (ab)use them. **Medical Education**, v. 38, n. 12, p. 1217–1218, 2004.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry – logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 1, n. 1, p. 9–15, 2000.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JUSTI, R. S. Modelos e modelagem no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 19, p. 11–17, 2004.

LEITE, B. S. M-Learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 3, p. 55-68, 2014

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 1–55, 1932.

LIMA, R. P. W.; FIGUEIREDO, L. G.; MACHADO, S. G.; FILHO, E. A. S. Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinas para o ensino de química e matemática. **Química Nova na Escola**, v. 46, n. 2, p. 81-88, 2024.

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**, v. 14, n. 3, p. 45-53, 2020.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT). MIT App Inventor. Cambridge, MA: MIT. Disponível em: appinventor.mit.edu. Acesso em: 14 fev. 2026.

- MAYER, R. E. **Multimedia Learning**. 2a. ed. New York: Cambridge University Press, 2009
- MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004.
- MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112–122, 2013.
- 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**, v. 10, n. 4, p. 101-107, 2017.
- MICROCAL ORIGIN. Data analysis and technical graphics software. Origin Professional Version 9.0.0 SR2. Northampton, MA. 2013, 774 p.
- MINAS GERAIS, **Plano de Curso 1º Ano – Ensino Médio – Química** – p. 50-57, 2024. Disponível em <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg>. Acesso em: 05 de mai. 2025
- MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017–1054, 2006.
- MORAN, J. M. **Educação híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje**. In: BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello (Orgs.). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015. p. 1-14.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2010, 179 p.
- MOREIRA, M. A. **O Que É Afinal Aprendizagem Significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais**, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2010.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. São Paulo: Scipione, 2016, 80 p.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003, 157 p.
- NETO, J. R. F. **Tecnologias no Ensino de Geometria Molecular**. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- NICHELE, A. G.; CANTO, L. Z. Ensino de Química com smartphones e tablets. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2016.
- OLIVEIRA, A. A.; GUIMARAES, A. R.; VIANNA, C. A. F. J. Ensino de geometria molecular utilizando software: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Ciências e Ideias**, v. 15, p. 1-16, 2024.
- PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980, 242 p.

PAPERT, S. **Situating constructionism**. In: HAREL, Idit; PAPERT, Seymour (org.). *Constructionism: research reports and essays*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1991. p. 1–11.

PAPERT, Seymour. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artmed, 1994.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M. A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, p. 65-78, 2009.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2004. v. 1.

SACCOL, A.; SCHLEMMER, E.; BARBOSA, J. **M-learning e u-learning: novas perspectivas das aprendizagens móvel e ubíqua**. São Paulo :Pearson Prentice Hall, 2010, 176 p.

SEBATA, C. E. **Aprendendo a imaginar moléculas: uma proposta de ensino de geometria molecular**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. 165p. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/6442>. Acesso em: 05 de maio de 2025.

SETTI, G. O.; GIBIN, 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**, v. 14, n. 2, p. 542-557, 2019.

SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SIDGWICK, N. V.; POWELL, H. M. *The shapes of molecules and ions*. Proceedings of the Royal Society A, London, v. 176, p. 153–180, 1940.

SMETANA, L. K.; BELL, R. L. Computer simulations to support science instruction and learning: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 9, p. 1337–1370, 2012.

SOUZA, L. M. **Atualizando a educação prisional: um estudo de caso com aplicação de peer struction**. 2019. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97138/tde-06112019-164048/pt-br.html>>. Acesso em: 20 Abr. 2026.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive Load Theory**. New York: Springer, 2011, 292 p.

TABER, K. S. **Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure**. Volume I: Theoretical background. London: Royal Society of Chemistry, p. 1–10 2002.

TALANQUER, V. Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179–195, 2011.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002, 328 p.
TOSTES, J. G. Estrutura Molecular – o conceito fundamental da química. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 17-19, 1998.

TOSTES, J. G. **Estrutura molecular: uma introdução**. Campinas: Editora da Unicamp, 1988.
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de ferramentas de inteligência artificial nas atividades acadêmicas na UFMG**. Belo Horizonte: UFMG, 2024. Disponível em: <https://www.ufmg-hml.dti.ufmg.br/ia/wp-content/uploads/2024/09/Uso-de-Ferramentas-de-IA-na-UFMG.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2026.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005, 212 p.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998, 224 p.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, 2011, p. 67-80.

8. SOBRE O AUTOR

Danilo de Sousa Araújo é licenciado em Química pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), em Ilhéus–BA. Participou do Programa de Licenciaturas Internacionais (PLI), como bolsista da CAPES, na modalidade graduação-sanduíche na Universidade de Coimbra (Portugal), obtendo dupla titulação em Química. Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Desenvolveu o Trabalho de Conclusão de Curso com ênfase no ensino de Eletroquímica, utilizando a metodologia de Estudo de Casos articulada à aprendizagem cooperativa do tipo *Jigsaw*. Atualmente, atua como professor de Química na rede pública estadual de Minas Gerais e na rede privada, no Colégio Anglo de Viçosa. Em 2024, ingressou no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Química, na modalidade Mestrado Profissional (PROFQUI), no polo da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com interesse em Ensino de Química e no uso de tecnologias digitais no contexto escolar.

ANEXO I - QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Prezado(a) estudante,

O presente questionário tem como objetivo relacionar o conteúdo de Geometria Molecular de forma contextualizada, de modo a verificar seu conhecimento prévio. Solicita-se que responda as questões propostas com o máximo de atenção possível, de modo que as suas respostas possam nos ajudar a avaliar se a posterior aplicação de uma atividade de ensino mediada pela tecnologia baseada no uso do aplicativo desenvolvido no App Inventor poderá contribuir para um melhor entendimento dos conceitos de Geometria Molecular. Por fim, agradeço a sua disponibilidade em responder ao questionário.

QUESTÃO 01. Você já deve ter ouvido falar na palavra geometria. Na sua opinião, o que significa a palavra Geometria? Cite alguns nomes de figuras geométricas que você conhece.

QUESTÃO 02. Você já ouviu falar em Geometria Molecular? Caso já tenha ouvido, como você acha que é a geometria da molécula de água (H_2O). Se possível, faça um desenho.

QUESTÃO 03. Tanto a água (H_2O) quanto o dióxido de carbono (CO_2) apresentam três átomos em suas moléculas. Em sua opinião podemos esperar a mesma geometria molecular para estas duas substâncias? Justifique sua resposta.

QUESTÃO 04. Na sua opinião, o que causa as diferenças nas geometrias moleculares das substâncias químicas?

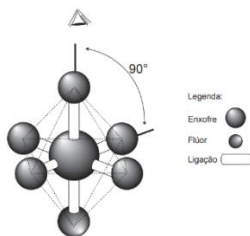
ANEXO II – QUESTIONÁRIO PÓS - TESTE

Prezado(a) estudante,

O presente teste tem como objetivo avaliar a atividade de ensino mediada pela tecnologia, aliada ao uso do Aplicativo desenvolvido no App Inventor, de modo a verificar os conhecimentos construídos ao longo das aulas. Solicita-se que responda as questões propostas com o máximo de atenção possível, de modo que as suas respostas possam ajudar a avaliar se a proposta de uso do aplicativo contribuiu para um melhor entendimento dos conceitos de Geometria Molecular. Por fim, agradeço a sua disponibilidade em responder ao questionário.

QUESTÃO 01. Agora que você já participou das aulas e já conheceu melhor o significado da palavra geometria, faça um desenho que represente a geometria molecular para a molécula de dióxido de carbono (CO_2) e atribua o nome desta geometria.

QUESTÃO 02. “A ciência química, ao menos nos cem últimos anos, desenvolveu-se em torno de um grande e fundamental conceito unificador: a estrutura molecular. O químico vem, nesse mesmo período, identificando química com estrutura molecular. O químico é como que um profissional das moléculas, e quando ‘pensa’ nelas ele tem como objeto um arranjo tridimensional muito bem definido dos átomos que constituem cada molécula em particular no espaço” (Tostes, 1988, p. 17). Há vários exemplos que podem ser citados, dentre eles o arranjo angular entre dois átomos de hidrogênio e um oxigênio, que resulta na molécula da água. Observe a estrutura apresentada a seguir e indique o nome correto da sua geometria molecular.



Disponível em ENEM 2014- segunda aplicação

QUESTÃO 03. Um professor propõe aos estudantes de sua turma o desafio de identificar uma molécula por meio das seguintes descrições: “Essa molécula apresenta quatro ângulos entre seus átomos periféricos e o elemento central. No estado gasoso, esses ângulos são aproximadamente 109° . Nessa estrutura há apenas ligações do tipo simples entre o átomo central e os átomos periféricos. O átomo central é um ametal de menor número atômico pertencente à família 14 da tabela periódica. Os átomos periféricos são do mesmo elemento e pertencem a primeira coluna da tabela periódica”. Levando em consideração todas as informações e seus conhecimento sobre o assunto, faça um desenho representando corretamente os átomos que foram descritos e a geometria molecular adequada para essa estrutura.

Questão extra: Escreva a fórmula estrutural e indique a geometria molecular da água.

ANEXO III - AVALIAÇÃO DO APLICATIVO

Prezado(a) estudante,

O presente teste tem como objetivo avaliar a atividade de ensino mediada pela tecnologia, aliada ao uso do Aplicativo desenvolvido no App Inventor, de modo a verificar os conhecimentos construídos ao longo das aulas. Solicita-se que responda as questões propostas com o máximo de atenção possível, de modo que as suas respostas possam ajudar a avaliar se a proposta de uso do aplicativo contribuiu para um melhor entendimento dos conceitos de Geometria Molecular. Por fim, agradeço a sua disponibilidade em responder ao questionário.

• Funcionalidade e Precisão:

Faça uma avaliação de 1 a 5 de acordo com a descrição abaixo.

1: Discordo Totalmente / Muito Insatisfeito / Muito Ruim

2: Discordo / Insatisfeito / Ruim

3: Neutro / Nem concordo nem discordo / Razoável

4: Concordo / Satisfeito / Bom

5: Concordo Totalmente / Muito Satisfeito / Muito Bom

- ✓ O aplicativo permite a visualização de todos os tipos de geometrias moleculares (linear, angular, trigonal plana, etc.) de maneira precisa?
- ✓ O aplicativo fornece feedback ou alertas quando os dados inseridos são inválidos ou fora do esperado?

• Usabilidade e Interface do Usuário:

Faça uma avaliação de 1 a 5 de acordo com a descrição abaixo.

1: Discordo Totalmente / Muito Insatisfeito / Muito Ruim

2: Discordo / Insatisfeito / Ruim

3: Neutro / Nem concordo nem discordo / Razoável

4: Concordo / Satisfeito / Bom

5: Concordo Totalmente / Muito Satisfeito / Muito Bom

- ✓ A interface do usuário é intuitiva e fácil de navegar?
- ✓ As funcionalidades do aplicativo são acessíveis e bem organizadas?

• Recursos Educacionais:

Faça uma avaliação de 1 a 5 de acordo com a descrição abaixo.

1: Discordo Totalmente / Muito Insatisfeito / Muito Ruim

2: Discordo / Insatisfeito / Ruim

3: Neutro / Nem concordo nem discordo / Razoável

4: Concordo / Satisfeito / Bom

5: Concordo Totalmente / Muito Satisfeito / Muito Bom

- ✓ O aplicativo oferece explicações claras e detalhadas sobre diferentes geometrias moleculares?
- ✓ Você considera que a inserção de recursos adicionais, como vídeos ou animações, pode te ajudar na compreensão dos conceitos?

• **Desempenho e Estabilidade:**

Faça uma avaliação de 1 a 5 de acordo com a descrição abaixo.

1: Discordo Totalmente / Muito Insatisfeito / Muito Ruim

2: Discordo / Insatisfeito / Ruim

3: Neutro / Nem concordo nem discordo / Razoável

4: Concordo / Satisfeito / Bom

5: Concordo Totalmente / Muito Satisfeito / Muito Bom

- ✓ O aplicativo funciona de forma fluida sem travamentos ou bugs frequentes?
- ✓ O tempo de resposta do aplicativo é adequado ao exibir resultados?

• **Engajamento e Experiência do Usuário:**

Faça uma avaliação de 1 a 5 de acordo com a descrição abaixo.

1: Discordo Totalmente / Muito Insatisfeito / Muito Ruim

2: Discordo / Insatisfeito / Ruim

3: Neutro / Nem concordo nem discordo / Razoável

4: Concordo / Satisfeito / Bom

5: Concordo Totalmente / Muito Satisfeito / Muito Bom

- ✓ O aplicativo é envolvente e mantém o interesse do usuário durante o uso?
- ✓ Há elementos interativos que incentivam o aprendizado ativo e a experimentação?
- ✓ Você considera que a utilização do aplicativo contribuiu para melhor entendimento do conteúdo de geometria molecular?

EXTRA: Na sua opinião o que poderia melhorar a sua experiência na utilização do aplicativo?
Deixe seu comentário.

ANEXO IV - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa “**ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O APLICATIVO INVENTOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA**”, desenvolvida pelo prof. Danilo de Sousa Araújo, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química da UFV (PROFQUI), sob a orientação do professor Marcelo Henrique dos Santos. Nesta pesquisa será desenvolvida uma atividade de ensino mediada pela tecnologia abordando algumas das questões químicas relacionadas ao conhecimento da Geometria Molecular, aplicada para todos os estudantes da 1ª Série do Ensino Médio da **Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres**. A coleta de dados para pesquisa será realizada durante o tempo equivalente a quatro aulas de 50 minutos que serão registradas por meio de áudio e vídeo para fins exclusivos da pesquisa. Para iniciar a pesquisa será aplicado um questionário para avaliação do conhecimento prévio dos estudantes a respeito do assunto que será abordado. Logo em seguida, será introduzido o tema Geometria Molecular, com a realização de aulas expositivas e interativas. Serão utilizados kits de modelos moleculares, com a utilização de materiais acessíveis, como balões de festa, para visualização de moléculas tridimensionais. Também, será utilizado o simulador on-line PhET, disponibilizado pela Universidade do Colorado, o qual oferece simulações gratuitas de Matemática e Ciências. Por fim, os estudantes utilizarão o aplicativo desenvolvido para o ensino e revisão do conteúdo Geometria Molecular e após utilizarem o aplicativo, vocês serão convidados a avaliar a utilização dele (características e funções). Serão avaliadas a sua interface, facilidade de utilização, se o aplicativo chamou a sua atenção e despertou maior interesse pelo tema abordado, e se ele considera que a utilização do aplicativo trouxe melhor compreensão do conteúdo. Esta avaliação será feita em forma de um questionário que será disponibilizado na Plataforma Google, a partir do uso da ferramenta Google Formulários. A análise das respostas permitirá verificar a importância da utilização das novas tecnologias para melhoria do ensino de química. O motivo que nos leva a estudar este assunto é a expressiva importância que deve ser atribuída ao processo de construção do conhecimento científico, utilizando para isso diferentes estratégias e metodologias que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem das Ciências/Química na Educação Básica. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: abordagem qualitativa, de forma a estudar os aspectos químicos envolvidos na geometria molecular e suas aplicações em outros assuntos relacionados a química. Como forma de verificar a efetividade desta atividade de ensino mediada pela tecnologia e a utilização do aplicativo, será investigado se os estudantes tiveram uma melhor

compreensão dos conteúdos abordados após a aplicação das atividades e se elas favoreceram a promoção da alfabetização científica por meio das questões químicas, sociais e experimentais presentes no material. Para isso, será feita a análise dos áudios e vídeo das aulas e também das respostas apresentadas no material escrito. Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em você se sentir constrangido(a) em participar da mesma, há também risco de desconforto ou mesmo alteração de comportamento pois serão gravados áudios e vídeos das aulas durante o desenvolvimento da atividade de ensino. Para minimizar os riscos identificados, será adotado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que deverá ser assinado por seu responsável legal, no qual serão explicitadas todas as etapas da pesquisa, garantindo que a participação é voluntária e que você poderá desistir a qualquer momento, sem prejuízo. Os materiais que indiquem sua participação não serão analisados sem a permissão do seu responsável legal. O seu sigilo e o anonimato serão rigorosamente preservados: os registros em áudio e vídeo serão utilizados exclusivamente para fins de análise da pesquisa e não serão divulgados publicamente. As gravações serão armazenadas em local seguro, com acesso restrito aos pesquisadores envolvidos, e serão excluídas após o término do prazo de armazenamento dos dados da pesquisa. Para manter o anonimato, durante a análise dos dados todos os participantes serão identificados por códigos alfa numéricos e não pelos nomes. Além disso, os participantes serão previamente informados quando as aulas estiverem sendo gravadas e poderão optar por não aparecer nos áudios e nas imagens, sendo resguardado seu direito de imagem. Para tanto, os seguintes aspectos serão estritamente observados e respeitados nesta investigação: (i) liberdade para se recusar a participar ou retirar o consentimento/assentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao estudante; (ii) garantia de sigilo quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa; e (iii) participação voluntária, sem ônus algum para o participante. Caso ocorra algum problema ou dano com o(a) Sr.(a), resultante de sua participação na pesquisa, o(a) Sr.(a) receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal e garantimos indenização diante de eventuais fatos comprovados, com nexos causal com a pesquisa. Este Termo de Assentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelos pesquisadores responsáveis, no Departamento de Química da UFV, e a outra será fornecida a você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com os pesquisadores por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, contato _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O APLICATIVO INVENTOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA**” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e o meu responsável legal poderá modificar sua decisão sobre minha participação se assim o desejar. Já assinado o Termo de Consentimento por meu responsável legal, declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome do responsável pela pesquisa: Danilo de Sousa Araújo

E-mail: danilo.s.araujo@ufv.br

Telefone: (31) 98248-8083

Professor Orientador: Marcelo Henrique dos Santos

E-mail: marceloh.santos@ufv.br

Telefone: (31) 33612 6602

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior

Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31) 3612-2316

Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br

Viçosa (MG), _____ de _____ de 2025.

Assinatura do(a) Participante

Assinatura do Pesquisador

ANEXO V - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezados responsáveis,

Convidamos o estudante para participar da pesquisa intitulada “**ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O APLICATIVO INVENTOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA**”, desenvolvida pelo prof. Danilo de Sousa Araújo, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química da UFV (PROFQUI), sob a orientação do professor Marcelo Henrique dos Santos. Nesta pesquisa será desenvolvida uma atividade de ensino medida pela tecnologia abordando algumas das questões químicas relacionadas ao conhecimento da geometria molecular, aplicada para todos os estudantes da 1ª Série do Ensino Médio da **Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres**, localizada no município de Viçosa – MG. A coleta de dados para pesquisa será realizada durante o tempo equivalente a quatro aulas de 50 minutos que serão registradas por meio de áudio e vídeo para fins exclusivos da pesquisa. Para iniciar a pesquisa será aplicado um questionário para avaliação do conhecimento prévio dos estudantes a respeito do assunto que será abordado. Logo em seguida, será introduzido o tema Geometria Molecular, com a realização de aulas expositivas e interativas. Serão utilizados kits de modelos moleculares, com a utilização de materiais acessíveis, como balões de festa, para visualização de moléculas tridimensionais. Também, será utilizado o simulador on-line PhET, disponibilizado pela Universidade do Colorado, o qual oferece simulações gratuitas de Matemática e Ciências. Por fim, os estudantes utilizarão o aplicativo desenvolvido para o ensino e revisão do conteúdo Geometria Molecular e após utilizarem o aplicativo, eles serão convidados a avaliar a utilização dele (características e funções). Serão avaliadas a sua interface, facilidade de utilização, se o aplicativo chamou a sua atenção e despertou maior interesse pelo tema abordado, e se ele considera que a utilização do aplicativo trouxe melhor compreensão do conteúdo. Esta avaliação será feita em forma de um questionário que será disponibilizado na Plataforma Google, a partir do uso da ferramenta Google Formulários. A análise das respostas permitirá verificar a importância da utilização das novas tecnologias para melhoria do ensino de química. O motivo que nos leva a estudar este assunto é a expressiva importância que deve ser atribuída ao processo de construção do conhecimento científico, utilizando para isso diferentes estratégias e metodologias que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem das Ciências/Química na Educação Básica. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: abordagem qualitativa, de forma a estudar os aspectos químicos envolvidos na geometria molecular e suas aplicações em outros assuntos relacionados a química. Como forma de verificar a efetividade desta atividade de

ensino mediada pela tecnologia e a utilização do aplicativo, será investigado se os estudantes tiveram uma melhor compreensão dos conteúdos abordados após a aplicação das atividades e se elas favoreceram a promoção da alfabetização científica por meio das questões químicas, sociais e experimentais presentes no material. Para isso, será feita a análise dos áudios e vídeo das aulas e também das respostas apresentadas no material escrito. Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em o estudante se sentir constrangido(a) em participar da mesma, há também risco de desconforto ou mesmo alteração de comportamento pois serão gravados áudios e vídeos das aulas durante o desenvolvimento da atividade de ensino. Para minimizar os riscos identificados, será adotado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no qual serão explicitadas todas as etapas da pesquisa, garantindo que a participação é voluntária e que o participante poderá desistir a qualquer momento, sem prejuízo. O sigilo e o anonimato dos participantes serão rigorosamente preservados: os registros em áudio e vídeo serão utilizados exclusivamente para fins de análise da pesquisa e não serão divulgados publicamente. As gravações serão armazenadas em local seguro, com acesso restrito aos pesquisadores envolvidos, e serão excluídas após o término do prazo de armazenamento dos dados da pesquisa. Para manter o anonimato, durante a análise dos dados os estudantes serão identificados por códigos alfa numéricos e não pelos nomes. Além disso, os participantes serão previamente informados quando as aulas estiverem sendo gravadas e poderão optar por não aparecer nos áudios e nas imagens, sendo resguardado seu direito de imagem. Para tanto, os seguintes aspectos serão estritamente observados e respeitados nesta investigação: (i) liberdade para se recusar a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao estudante; (ii) garantia de sigilo quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa; e (iii) participação voluntária, sem ônus algum para o participante. Caso ocorra algum problema ou dano com o(a) Sr.(a), resultante de sua participação na pesquisa, o(a) Sr.(a) receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal e garantimos indenização diante de eventuais fatos comprovados, com nexos causal com a pesquisa. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelos pesquisadores responsáveis, no Departamento de Química da UFV, e a outra será fornecida a você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com os pesquisadores por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão descartados.

Os pesquisadores tratarão a identidade dos estudantes com padrões profissionais de sigilo, ética e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e

científicos. Além disso, a coleta dos dados será por meio do desenvolvimento da atividade de ensino e dos áudios gravados nas aulas de Química.

Nesses termos, declaro ter sido informado(a) e concordo com a participação do(a) estudante _____, fornecendo as informações necessárias para contribuir com a proposta de pesquisa descrita anteriormente.

Nome do responsável pela pesquisa: Danilo de Sousa Araújo

E-mail: danilo.s.araujo@ufv.br

Telefone: (31) 98248-8083

Professor Orientador: Marcelo Henrique dos Santos

E-mail: marceloh.santos@ufv.br

Telefone: (31) 33612 6602

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior

Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31) 3612-2316

Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br

Viçosa (MG), _____ de _____ de 2025.

Assinatura para a obtenção do consentimento

Assinatura do Pesquisador

ANEXO VI - TERMO DE ANUÊNCIA DA ESCOLA PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Prezado Diretor da Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres,

O presente trabalho é parte da pesquisa intitulada “**ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O APLICATIVO INVENTOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA**”, desenvolvida pelo prof. Danilo de Sousa Araújo, mestrando do PROFQUI – Programa de Mestrado Profissional em Química, sob a orientação do prof. Marcelo Henrique dos Santos. Nesta pesquisa será desenvolvida uma atividade de ensino mediada pela tecnologia abordando algumas das questões químicas relacionadas ao conhecimento da geometria molecular, aplicada para todos os estudantes da 1ª Série do Ensino Médio da **Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres**. A análise dos dados permitirá discutir a importância da alfabetização científica articulada às questões químicas e sociais que serão abordadas no material elaborado. Assim, os dados a serem analisados serão oriundos dos áudios e vídeos coletados durante as aulas e também das respostas apresentadas pelos estudantes aos materiais escritos.

Neste sentido, esperamos contar com a colaboração e apoio da Direção e da supervisão para autorizar o desenvolvimento da referida pesquisa na Escola. Aproveitamos a oportunidade para esclarecer que, durante a pesquisa, serão adotados todos os procedimentos éticos necessários, garantindo, assim, o ANONIMATO dos(as) participantes. Declaramos, também, que as informações obtidas serão utilizadas somente para fins científicos.

Desde já agradecemos a colaboração e parceria. Colocamo-nos a disposição para eventuais esclarecimentos.

Viçosa (MG), _____ de _____ de 2025.

Assinatura para a obtenção da anuência e carimbo da escola

Nome do responsável pela pesquisa: Danilo de Sousa Araújo

E-mail: danilo.s.araujo@ufv.br

Telefone: (31) 98248-8083

Professor Orientador: Marcelo Henrique dos Santos

E-mail: marceloh.santos@ufv.br

Telefone: (31) 33612 6602

ANEXO VII - PARECER DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O APLICATIVO INVENTOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA

Pesquisador: MARCELO HENRIQUE DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 86267125.6.0000.5153

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.715.206

Apresentação do Projeto:

O ensino de Geometria Molecular é um desafio para os estudantes, pois envolve a visualização de modelos geométricos tridimensionais, uma habilidade que muitas vezes é subdesenvolvida desde o Ensino Fundamental no estudo de Geometria Espacial. Ao chegarem ao Ensino Médio, os alunos frequentemente encontram dificuldades em associar conhecimentos matemáticos, como noções de profundidade e espaço, ao estudo da Química. A introdução de tecnologias digitais, especialmente dispositivos móveis, pode ser uma estratégia eficaz para superar essas barreiras. Neste sentido, a presente pesquisa pretende desenvolver uma atividade de ensino mediada pela tecnologia abordando algumas das questões químicas relacionadas ao conhecimento da Geometria Molecular, aplicada para uma população de 80 estudantes da Primeira Série do Ensino Médio da Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres. As atividades serão aplicadas no horário das aulas, sendo as respostas escritas e/ou as discussões gravadas em áudio ou vídeo pelo pesquisador. Os áudios e/ou vídeos e material escrito durante o desenvolvimento da pesquisa serão utilizados apenas para a elaboração da dissertação de mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI Polo UFV) e para publicação dos resultados em encontros e congressos.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário deste estudo é desenvolver uma atividade de ensino mediada pela tecnologia, promovendo a utilização do aplicativo criado na plataforma App Inventor como

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3612-2316 **E-mail:** cep@ufv.br

Continuação do Parecer: 7.715.208

ferramenta didática para favorecer o ensino e a aprendizagem do conteúdo de Geometria Molecular, a ser aplicada para um grupo de estudantes da 1ª Série do Ensino Médio, de uma escola pública estadual ou particular localizada na cidade de Viçosa (MG). Como objetivo secundário: 1) consolidar o conteúdo de Geometria Molecular. Criar um Aplicativo para utilizar em smartphone, a fim de possibilitar uma revisão do conteúdo de Geometria Molecular, 2) Avaliar a viabilidade do uso da tecnologia criada no AppInventor e 3) verificar o grau de envolvimento e aprendizagem dos estudantes ao utilizar o Aplicativo como ferramenta didático-pedagógica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem no estudante se sentir constrangido(a) em participar da mesma, pois serão gravados áudios e vídeos das aulas durante o desenvolvimento da atividade de ensino. Para minimizar esse risco, serão discutidos os benefícios para o processo de ensino e aprendizagem da atividade e esclarecida às dúvidas que se fizerem necessárias, de modo a buscar o envolvimento de todos(as). Os pesquisadores, entretanto, garantem que nenhum constrangimento será gerado e que na análise dos dados os estudantes serão identificados por códigos alfanuméricos e não pelos nomes. Para tanto, os seguintes aspectos serão estritamente observados e respeitados nesta investigação: (i) liberdade para se recusar a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao cuidado do estudante; (ii) garantia de sigilo quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa; e (iii) participação voluntária, sem ônus algum para o participante. O pesquisador descreve como benefícios a promoção da melhoria no processo de ensino e de aprendizagem da Química e aprimorar as práticas de ensino em sala de aula e o favorecimento de uma melhor compreensão de conteúdos como a geometria molecular que muitas vezes os estudantes apresentam dificuldade em visualizar modelos geométricos em três dimensões.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O trabalho, segundo o pesquisador, tem como objetivo inicial a criação do aplicativo "GeoMol", utilizando o App Inventor, para o ensino de Geometria Molecular. O desenvolvimento do projeto segue etapas bem definidas, a saber:

1. Planejamento: Delimitação dos conceitos abordados, informações fornecidas, recursos de interação (como desenhos e animações) e a estrutura de navegação do aplicativo.
2. Aprendizado do App Inventor: Familiarização com a ferramenta por meio de tutoriais e documentação disponibilizados pelo MIT App Inventor.

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VIÇOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.715.208

3. Criação do Aplicativo: Implementação gradual, começando por funcionalidades simples até a inclusão de recursos interativos.

4. Teste e Depuração: Validação do aplicativo com estudantes do Ensino Médio, coleta de feedback e ajustes para melhorar usabilidade e funcionalidade.

Após essas etapas, o aplicativo poderá ser publicado gratuitamente nas plataformas Android e iOS, respeitando as diretrizes de publicação e privacidade.

O trabalho será desenvolvido em três fases principais:

ζ Análises Prévias: Estudo inicial sobre abordagens para ensinar Geometria Molecular, identificação de conflitos didáticos e aplicação de um questionário interdisciplinar para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes em Química e Matemática.

ζ Experimentação: Desenvolvimento e aplicação de atividades pedagógicas mediadas por tecnologia. Essa etapa inclui aulas expositivas e interativas, utilização de kits de modelos e materiais acessíveis, como balões, para visualização de moléculas tridimensionais. Também será utilizado o simulador PhET, que oferece simulações gratuitas de Matemática e Ciências.

ζ Análise à Posteriori: Avaliação dos resultados obtidos durante a experimentação, verificando se os objetivos pedagógicos foram alcançados e correlacionando o desempenho dos estudantes às propostas da atividade.

A implementação do projeto ocorrerá com quatro intervenções em sala de aula com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, sob supervisão docente. O trabalho visa integrar tecnologia, materiais didáticos acessíveis e estratégias interativas para melhorar o ensino de Geometria Molecular, promovendo maior compreensão e engajamento entre os alunos. Ao final das etapas anteriores os dados obtidos serão tratados e analisados conforme a metodologia de análise de dados descrita no projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentou os seguintes termos com ajustes:

PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2486782 com melhor descrição de riscos aos quais os alunos serão submetidos incluindo o desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante as gravações de áudio e vídeo e formas de como minimiza-los. Formas de garantia de sigilo e anonimato, bem como alternativas para minimizar o vazamento deste material. Unificação do objetivo primário do estudo. No TCLE_pesquisa_mestrado_Profqui

detalhou melhor o procedimento metodológico, tendo em vista a descrição que consta no PB na qual a metodologia proposta indica a aplicação de um questionário para avaliação prévia e

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
UF: MG Município: VIÇOSA
Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.715.206

de aulas expositivas e interativas, utilização de kits de modelos e materiais acessíveis, como balões, para visualização de moléculas tridimensionais. Bem como em formas de garantir sigilo e anonimato, bem como em alternativas para minimizar o vazamento deste material são ações mais consistentes e descreve-las mais detalhadamente. Retirar cabeçalho do documento. Inserir paginação da seguinte forma: página 1 e 3, página de 3, página 3 de 3.

No TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO

Detalhou melhor o procedimento metodológico, tendo em vista a descrição que consta no PB na qual a metodologia proposta indica a aplicação de um questionário para avaliação prévia e de aulas expositivas e interativas, utilização de kits de modelos e materiais acessíveis, como balões, para visualização de moléculas tridimensionais. Pensou em formas de garantir sigilo e anonimato, bem como em alternativas para minimizar o vazamento deste material são ações mais consistentes e descreve-las mais detalhadamente. E realizou ajuste na paginação da seguinte forma: página 1 e 3, página de 3, página 3 de 3.

Recomendações:

A coleta de dados, de acordo com o cronograma, previa a aplicação da atividade de Ensino Mediada pela Tecnologia entre julho/25 e agosto/25. Como os documentos atualizados estão sendo analisados com relatoria sendo emitida na data da reunião CEP-UFV de Julho, reforço a necessidade de aguardar este parecer para a efetiva coleta de dados conforme compromisso assumido pelo pesquisador.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, considera-se que o protocolo de pesquisa está apto para a emissão do parecer Consubstanciado de Aprovação do CEP/UFV. Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.715.208

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2486792.pdf	28/06/2025 09:02:53		Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_AS_PENDENCIA S.pdf	28/06/2025 09:01:24	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_MODIFICADO.pdf	18/04/2025 13:26:15	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_pesquisa_de_mestra_Profqui_MODIFICADO.pdf	18/04/2025 13:22:06	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
Outros	TERMO_DE_ANUENCIA_DA_ESCOLA_PARA_A_REALIZACAO_DA_PESQUISA_assinado.pdf	17/01/2025 15:44:35	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_Mestrado_Profqui.pdf	17/01/2025 15:40:09	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_PESQUISA_MESTRADO_PROFQUI.pdf	17/01/2025 15:33:02	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO.pdf	17/01/2025 15:30:42	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_pesquisa_mestrado_Profqui.pdf	17/01/2025 15:28:49	Danilo de Sousa Araújo	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_PARA_PESQUISA.PDF	17/01/2025 15:28:14	Danilo de Sousa Araújo	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 18 de Julho de 2025

Assinado por:
Guilherme de Azambuja Pussieldi
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3512-2316 E-mail: cep@ufv.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



Continuação do Parecer: 7.715.206

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br

APÊNDICE - Produto Educacional: GeoMol – Apresentação e Guia de uso.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da Geometria Molecular é um tema muito importantes na Química, pois contribui para explicar como a organização espacial dos átomos influencia propriedades e comportamentos das substâncias. De acordo com Martins et al. (2020), a dificuldade em visualizar modelos geométricos em três dimensões pode aparecer ainda no Ensino Fundamental durante o estudo de Geometria Espacial, na disciplina de Matemática. Diante disso, estratégias de ensino que ampliem as possibilidades de representação e manipulação de modelos podem contribuir para reduzir barreiras de aprendizagem e favorecer a compreensão do tema.

Além da utilização de modelos concretos, há também as possibilidades abertas pelo uso de recursos digitais, como softwares e simulações, que permitem explorar diferentes estruturas, comparar arranjos e investigar efeitos de pares eletrônicos e ângulos de ligação de forma dinâmica e visual, oferecendo suporte importante ao raciocínio espacial (Raupp et al., 2009).

Nesse contexto, podemos utilizar a plataforma MIT App Inventor (2018), a qual é uma ferramenta de código-aberto, desenvolvida na Google sendo mantido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), que auxilia no desenvolvimento de aplicativos (ou app) para dispositivos Android com suporte para design de interface e para a programação funcional do aplicativo. Este ambiente de programação permite proporcionar aos usuários com pouco ou nenhum conhecimento de programação, a experiência de desenvolver aplicativos para dispositivos Android de forma intuitiva.

Além de permitir a produção de aplicativos educacionais voltados a necessidades concretas da sala de aula, a plataforma pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento computacional e de habilidades associadas ao raciocínio lógico e abstrato, ao exigir planejamento, testagem e organização de comandos e tomadas de decisão durante o processo de construção do aplicativo.

Com base nas informações apresentadas, este produto educacional foi pensado com o propósito de ser utilizado em conjunto com uma sequência didática mediada por TDIC, voltada ao ensino de Geometria Molecular, integrando aulas expositivas dialogadas, o uso de simulação computacional e atividades experimentais, culminando na utilização de um aplicativo educacional desenvolvido no MIT App Inventor, denominado GeoMol.

A proposta busca, assim, contribuir para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de Geometria Molecular, o qual é abordado na 1ª série do Ensino Médio, articulando o potencial

da aprendizagem móvel à necessidade de ampliar as oportunidades de visualização, prática e consolidação conceitual.

2. OBJETIVOS





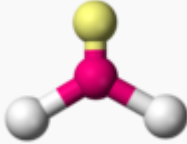
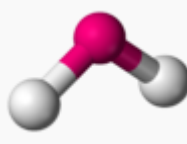
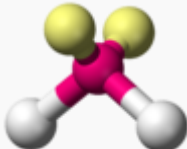
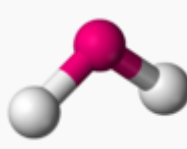
Demonstra brevemente o processo de construção do aplicativo GeoMol na plataforma do MIT App Inventor, com base no modelo VSEPR, contemplando diferentes geometrias moleculares e um conjunto de desafios/questões para estudo, prática e revisão do conteúdo.



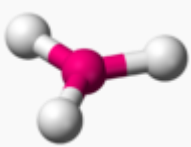
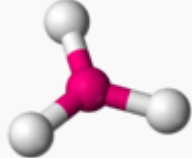
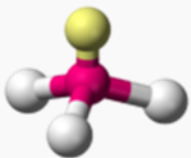
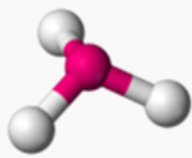
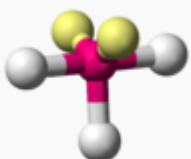
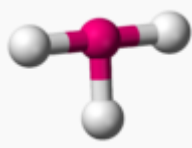
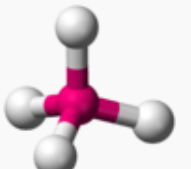
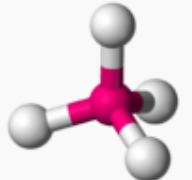


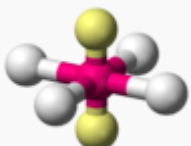
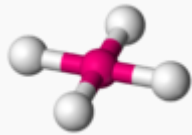
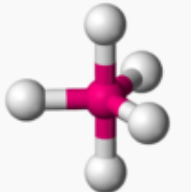
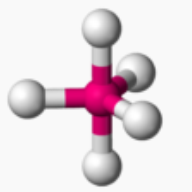
Disponibilizar o aplicativo para ser utilizado, por professores e estudantes, no ambiente de sala de aula durante abordagem do conteúdo de geometria molecular.

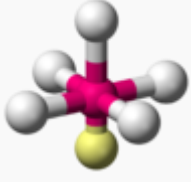
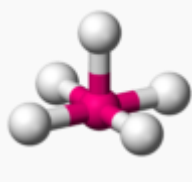



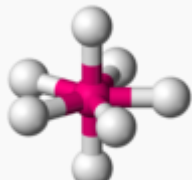
3. PROCESSO DE CRIAÇÃO DO APLICATIVO

A utilização da plataforma App Inventor possibilitou o desenvolvimento do aplicativo voltado ao estudo da Geometria Molecular, fundamentado nos 14 modelos apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 12. Nomes e exemplos de estruturas moleculares dos 14 modelos

Tipo	Forma	Disposição	Geometria	Exemplos
AX_1E_n	Molécula diatômica			HF, O ₂ , CO
AX_2E_0	Linear			BeCl ₂ , HgCl ₂ , CO ₂ , PbCl ₂
AX_2E_1	Angular			NO ₂ ⁻ , SO ₂ , O ₃
AX_2E_2	Angular forma de “V” em			H ₂ O, OF ₂ , SCl ₂

Tipo	Forma	Disposição	Geometria	Exemplos
AX ₂ E ₃	Linear			XeF ₂ , I ₃ ⁻
AX ₃ E ₀	Trigonal planar			BF ₃ , CO ₃ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₃
AX ₃ E	Tetraedro			NH ₃ , PCl ₃
AX ₃ E ₂	Forma de "T"			ClF ₃ , BrF ₃
AX ₄ E ₀	Tetraédrica			CH ₄ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻ , ClO ₄ ⁻
AX ₄ E ₁	Balanço			SF ₄
AX ₄ E ₂	Quadrada plana			XeF ₄
AX ₅ E ₀	Bi trigonal pirâmide			PCl ₅

Tipo	Forma	Disposição	Geometria	Exemplos
AX_5E_1	Pirâmide quadrangular			ClF_5, BrF_5
AX_6E_0	Octaédrica			SF_6
AX_7E_0	Bi pirâmide pentagonal			IF_7

Fonte: Adaptada de Azzellini (2017)

3.1 Etapas seguidas para iniciar o projeto do Aplicativo.

1º Etapa - Planejamento

Antes de começar a criar o aplicativo, foi importante planejar o que ele iria oferecer e quais recursos teriam. Algumas perguntas foram feitas a fim de ajudar na construção do App:

- Quais conceitos de Geometria Molecular serão abordados no aplicativo?
- Que tipo de informações ou recursos serão fornecidos aos usuários?
- Como serão apresentadas as informações?
- Que recursos de interação serão incluídos (desenhos, animações, jogos, etc.)?
- Como o usuário vai navegar e usar o aplicativo?

2º Etapa - Aprendizado do App Inventor

Em seguida, foi necessário se familiarizar com o App Inventor. O site do MIT App Inventor oferece um conjunto completo de tutoriais para iniciantes, bem como documentação detalhada sobre todos os seus recursos e funcionalidades.

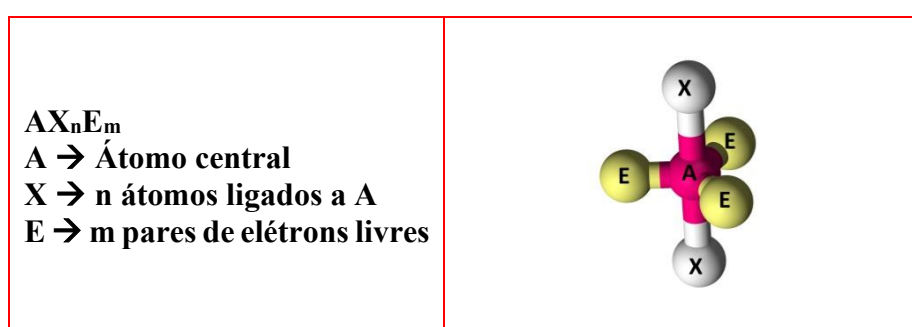
3º - Criação do aplicativo

Depois de ter uma ideia clara do que se desejava criar e ter aprendido o básico do App Inventor, pode-se começar a criar o projeto. Para isso, começamos com recursos simples e fomos adicionando novas informações gradualmente. Por exemplo, iniciamos com um

aplicativo que apenas exibia informações sobre Geometria Molecular, depois adicionar recursos interativos, como imagens e número de acertos ao final de cada rodada de dez questões.

A seguir está descrito, de forma mais detalhada, como foi o desenvolvimento do aplicativo dentro da plataforma App Inventor. As moléculas usadas no aplicativo são CO_2 , CS_2 , H_2O , H_2S , SO_2 , O_3 , BF_3 , SO_3 , BCl_3 , NH_3 , XeF_2 , PH_3 , CH_4 , SiCl_4 , PCl_5 , SF_6 , CCl_4 , SF_4 , BrF_5 , XeF_4 . Serão quatorze modelos de geometrias moleculares, conforme apresentado na Tabela 1 e seguindo o padrão descrito na Figura 1.

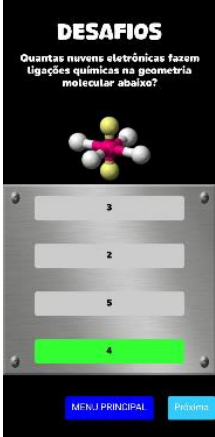
Figura 1. Padrão de representação dos átomos e pares de elétrons livres



Fonte: próprio autor.

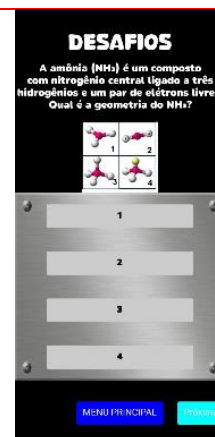
O modelo de Repulsão de Pares de Elétrons na Camada de Valência (VSEPR - *Valence Shell Electron - Pair Repulsion*) será usado para prever as formas das moléculas. Os testes, realizados dentro do aplicativo, foram feitos, baseados em um *template* único com três propostas como evidenciado na (Figura 2):

Figura 2. *Template* dos testes

<p>Dada uma estrutura geométrica dentre as 14 disponíveis e selecionada de forma aleatória.</p>	<p>→ Selecionar uma alternativa dentro das quatro opções, que tenha correspondência com a estrutura geométrica.</p>	
---	---	---

Dado um nome ou uma fórmula molecular de um composto químico e selecionado de forma aleatória.

→ Selecionar uma alternativa dentro das quatro opções, que corresponda à geometria molecular.



Dada uma informação sobre um composto químico e selecionada de forma aleatória.

→ Selecionar uma alternativa dentro das quatro opções, que corresponda ao nome ou à geometria molecular.



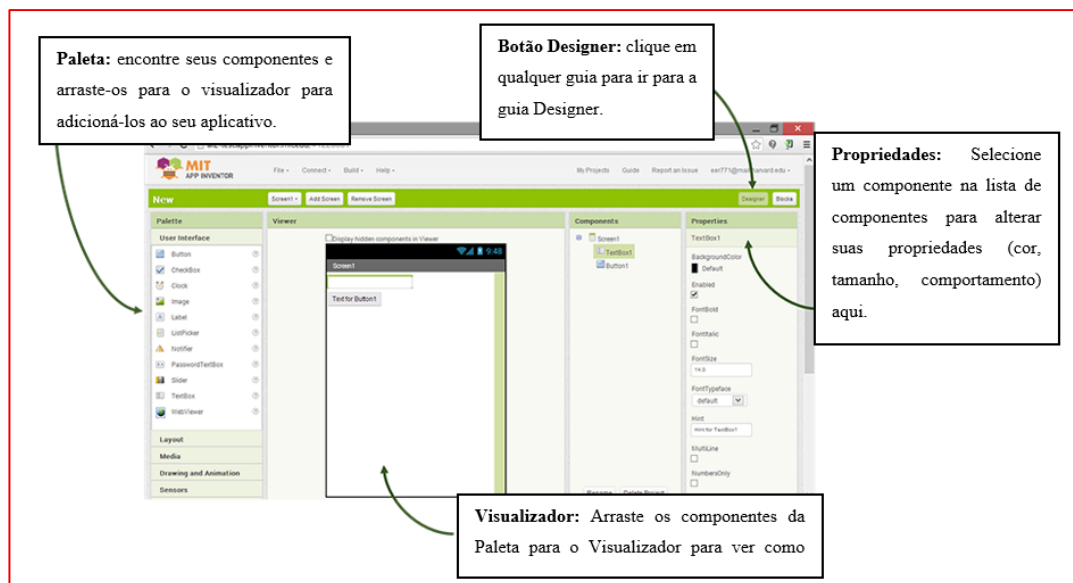
Fonte: próprio autor.

No esquema do App Inventor com o *Designer* (Figura 3) e com o Editor de Blocos (Figura 4), é possível ver as possibilidades do aplicativo. O designer é a parte utilizada para se programar a interface gráfica da aplicação e para adicionar comportamentos não visuais, porém que afetam a experiência do usuário ao utilizar o aplicativo como, por exemplo, adição de sons ao clicar em um botão, ou a vibração do celular ao digitar um texto em um formulário etc.

Sendo assim, é possível posicionar caixas de texto, criar formulários, adicionar ícones e botões, estilizar a cor dos componentes, adicionar imagens, entre outros. Nessa parte pode-se ter uma prévia de como os componentes visuais estarão dispostos na tela do celular ao utilizar o aplicativo. Os Blocos possibilitam a criação da lógica das funcionalidades do aplicativo, de acordo com o comportamento esperado para ele. Adicionando blocos que são análogos a algoritmos, é possível a utilização de conceitos básicos de lógica de programação.

Os componentes definidos no *design* de interface são “carregados” para nessa etapa, serem utilizados na programação. Na Figura 3 pode-se ter uma visão geral da área de trabalho do *Designer* que permite criar a interface do aplicativo.

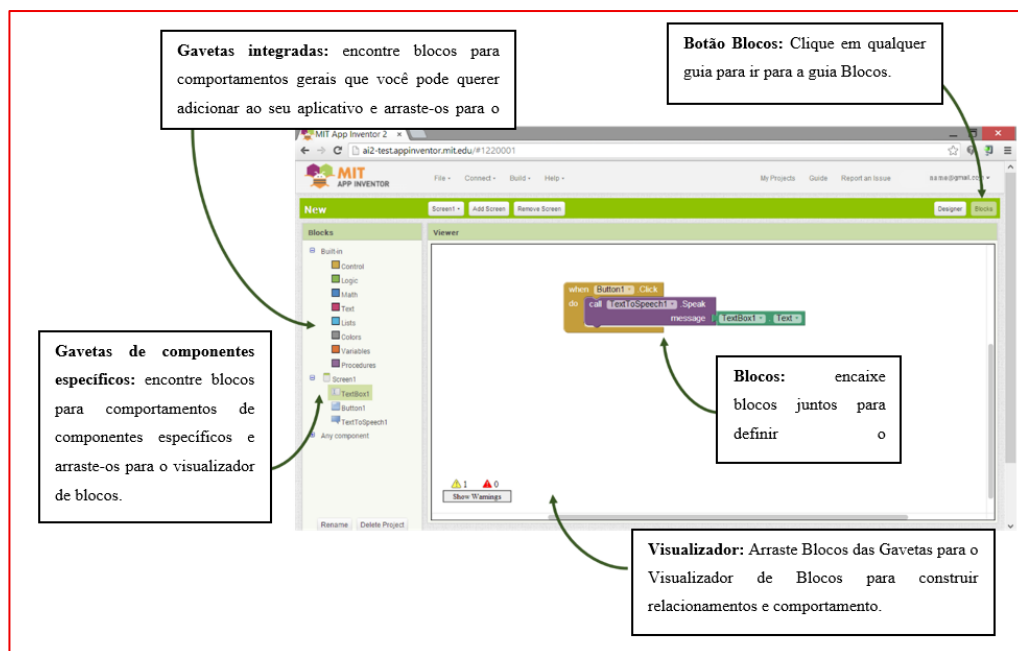
Figura 3. Designer da tela do App Inventor



Fonte: Adaptado de <https://appinventor.mit.edu/explore/designer-blocks>.

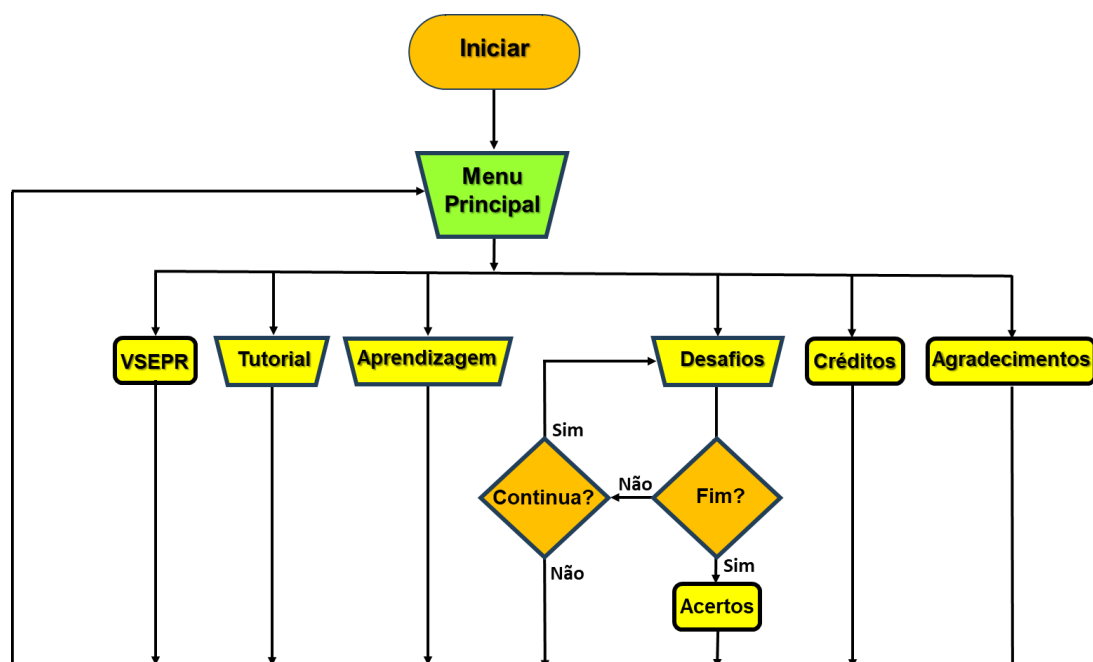
A Figura 4 demonstra a visão geral da área de trabalho da sessão de Blocos. O *Blocks Editor* permite programar o comportamento do Aplicativo juntando os blocos.

Figura 4. Editor de blocos da tela do App Inventor



Fonte: Adaptado de <https://appinventor.mit.edu/explore/designer-blocks>.

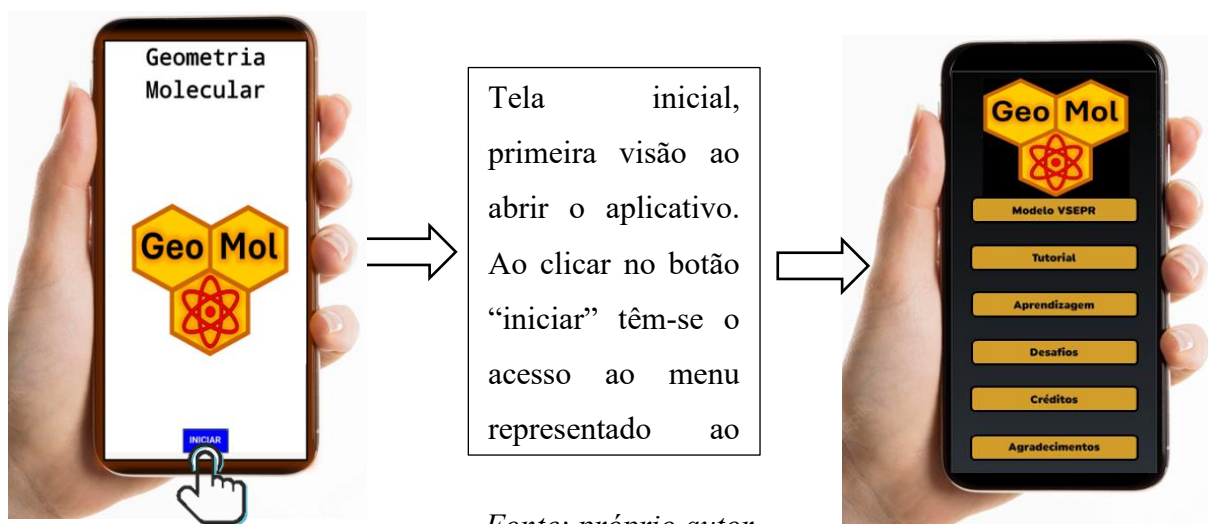
A figura 5, demonstra o fluxograma geral para o desenvolvimento do aplicativo.

Figura 5. Esquema do aplicativo desenvolvido

Fonte: próprio autor.

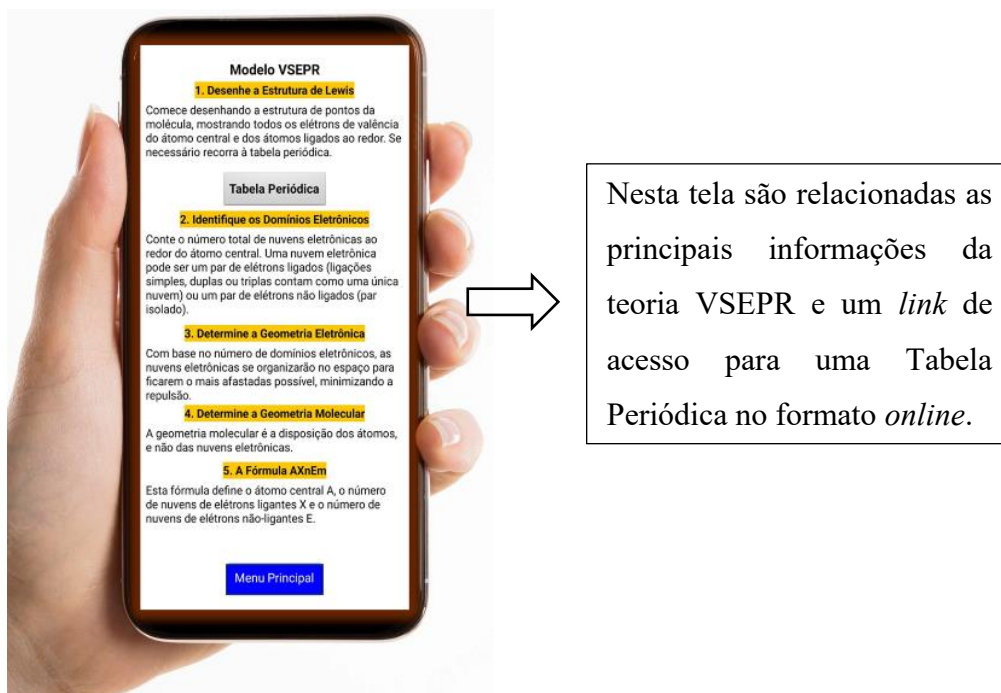
4. APRESENTANDO O GEOMOL

Após seguir todas as etapas de desenvolvimento de criação do aplicativo, obtemos como produto final um link, que será disponibilizado ao final desse trabalho, com o arquivo disponível para instalação do App em nosso smartphone. As figuras a seguir evidenciam as principais telas apresentadas pelo aplicativo e suas funcionalidades.

Figura 6. Apresentação da tela inicial do GeoMol

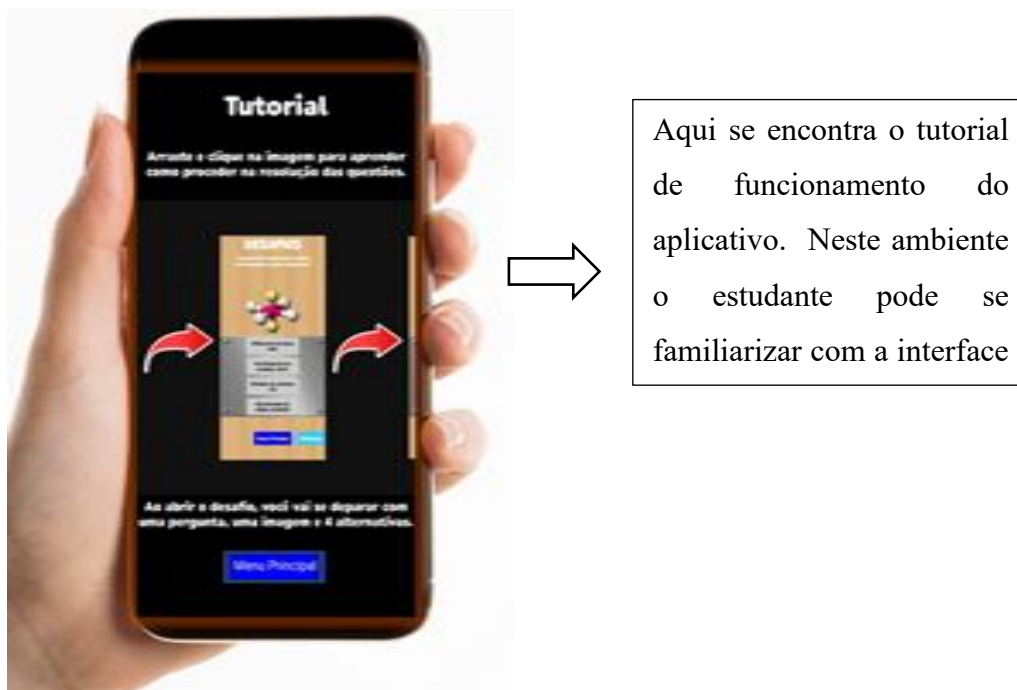
Fonte: próprio autor.

Figura 7. Tela explicativa sobre o modelo VSEPR



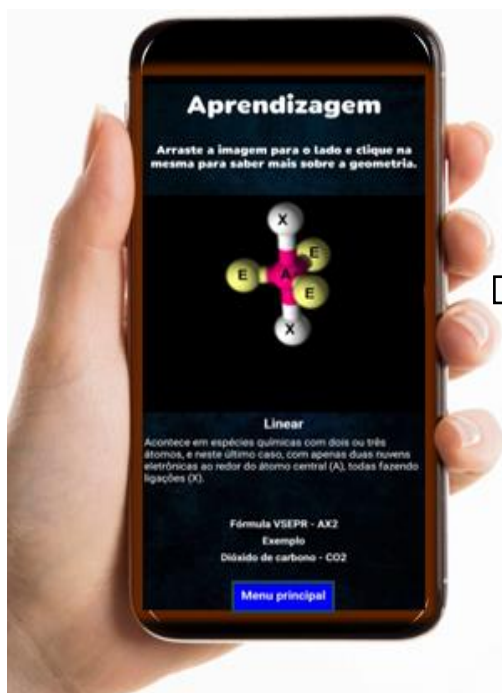
Fonte: próprio autor.

Figura 8. Tela destinada ao tutorial de uso para melhor proveito do aplicativo.



Fonte: próprio autor.

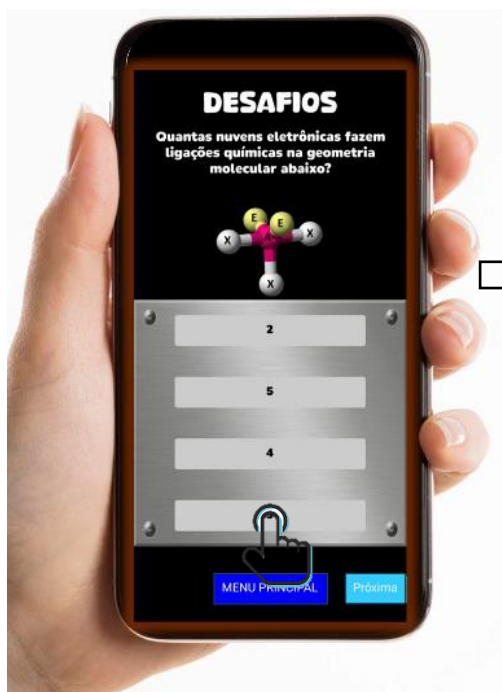
Figura 9. Tela destinada ao ambiente de aprendizagem.



Aqui o estudante vai encontrar todas as geometrias moleculares utilizadas no aplicativo podendo usar esse momento para realizar uma revisão antes de acessar o

Fonte: próprio autor.

Figura 10. Tela destinada ao desafio.



Aqui o estudante pode testar todo o conhecimento adquirido. Ao clicar no campo de respostas o mesmo ficará na cor verde, caso a resposta esteja correta ou ficará na cor vermelha, caso esteja incorreta. O Desafio é composto por 10 questões escolhidas de forma aleatória

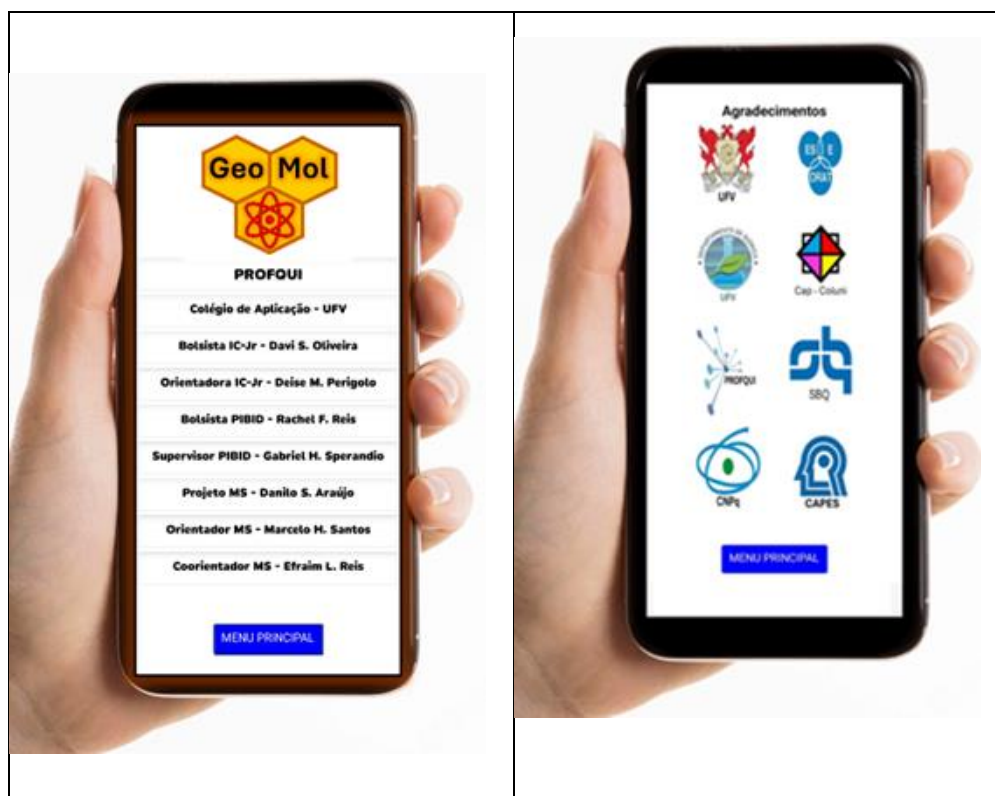
Fonte: próprio autor.

Figura 11. Tela final, após realização do desafio.



Fonte: próprio autor.

Figura 12. Tela destinada aos créditos e agradecimentos.



Fonte: próprio autor.

Para ter acesso ao aplicativo basta fazer a leitura do QRCode, disponível na Figura 13 e em seguida instalar em seu smartphone. É importante ressaltar que os aplicativos gerados na plataforma do App Inventor são compatíveis apenas para dispositivos providos de sistema operacional Android.

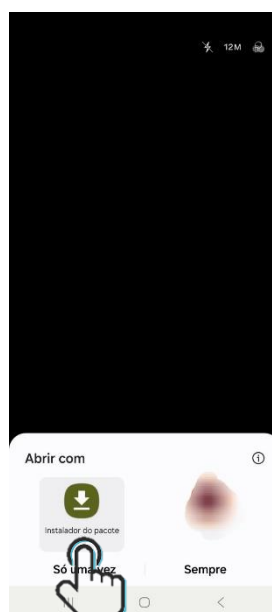
Figura 13. Código QR para baixar o GeoMol no smartphone.



Fonte: próprio autor.

Após leitura do QRCode você deve seguir os passos, registrados nas figuras a seguir, para concluir a instalação.

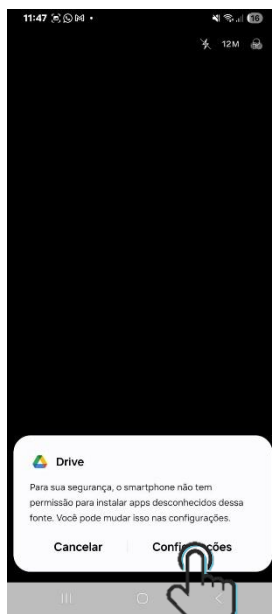
Figura 14: 1º passo para instalação do GeoMol após leitura do QRCode



Fonte: próprio autor.

Clique em “Instalador do Pacote”

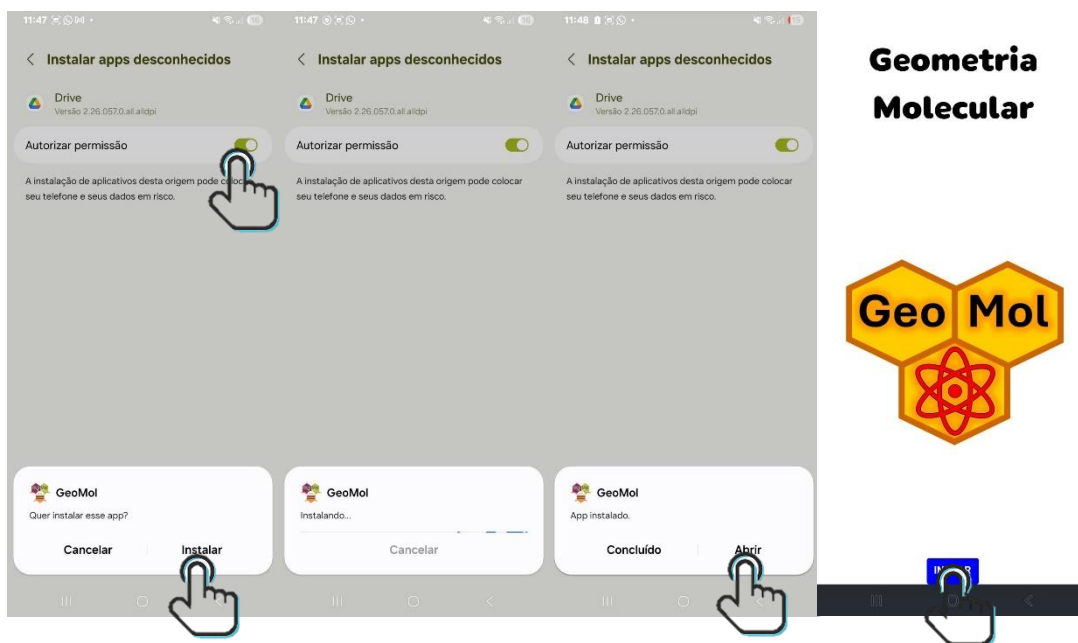
Figura 15: 2º passo para instalação do GeoMol.



Fonte: próprio autor.

Clique em “Configurações”

Figura 16: 3º passo para instalação do GeoMol.



Fonte: próprio autor.

Clique em “Autorizar permissão”, logo após clique em “Instalar” e em seguida Clique em “Abrir” por fim clique em “Iniciar”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar que a utilização do aplicativo GeoMol deve ocorrer após uma sequência de aulas que abordem o tema Geometria Molecular. Para sua utilização por parte deste autor, o conteúdo de Geometria Molecular foi inicialmente trabalhado, considerando a organização das aulas conforme descrito nos quadros a seguir:

Quadro 5. Organização da Aula 1: Introdução à Geometria Molecular

Aula 1: Introdução à Geometria Molecular

Objetivos:

- Introduzir o conceito de geometria molecular, explorando as principais teorias (modelo VSEPR) que explicam a disposição dos átomos nas moléculas.
- Possibilitar maior compressão do conceito de geometria molecular.
- Identificar os fatores que influenciam a forma das moléculas.

Materiais

- Folha de papel em branco ou pautada
- Lápis ou caneta
- Quadro
- Pincel para quadro branco

1. Preparação Prévia (5 minutos):

- "Como você imagina a forma da molécula da água ou do gás carbônico?"

OBS. Escrever a fórmula molecular de cada uma delas e solicitar que os estudantes façam um desenho que represente a molécula de água e outro para representar o gás carbônico.

- "Por que as moléculas têm formas diferentes?"
- "Você já ouviu falar de 'ângulo de ligação'? O que você acha que isso significa?"

2. Exposição teórica (30 minutos):

- Explicar brevemente a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR).
- Introduzir os tipos básicos de geometria molecular (linear, angular, trigonal plana, tetraédrica, piramidal).
- Demonstrar exemplos, como as moléculas de O_2 , H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 , explicando como a distribuição dos pares eletrônicos e átomos determina suas formas.

3. Sistematização e Aplicação Inicial (15 minutos)

- Retomar os desenhos elaborados pelos estudantes no início da aula (moléculas de H_2O e CO_2) e promover uma breve discussão coletiva, comparando as representações feitas com os modelos explicados pela teoria VSEPR.
- Questionar os estudantes sobre as diferenças observadas entre as duas moléculas, destacando a relação entre o número de pares de elétrons ao redor do átomo central e a geometria molecular resultante.
- Solicitar que os estudantes revisem ou refaçam seus desenhos iniciais, agora incorporando os conceitos apresentados durante a exposição teórica, como ângulos de ligação e disposição espacial dos átomos.
- Registrar no quadro os principais pontos discutidos, consolidando os conceitos trabalhados.

4. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018). A abordagem introdutória da Geometria Molecular, desenvolvida por meio de aula expositiva dialogada e da utilização de representações gráficas (desenhos), contribui para o desenvolvimento de habilidades relacionadas, tais como:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos;
- **EM13CNT102:** Elaborar explicações, hipóteses e argumentos com base em conhecimentos científicos;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos para explicar a organização e o comportamento da matéria em nível microscópico.

Ao promover a problematização inicial, o diálogo em sala de aula e a construção de representações das moléculas, a aula favorece a compreensão dos modelos explicativos relacionados à estrutura molecular, articulando teoria e representação, de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam a construção ativa do conhecimento científico no processo de ensino e aprendizagem.

Quadro 6. Organização da Aula 2: Simulação computacional da Geometria Molecular**Aula 2: Simulação computacional da Geometria Molecular (PhET)****Objetivos**

- Consolidar os conceitos de geometria molecular apresentados na aula expositiva dialogada.
- Explorar a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR) por meio de simulações computacionais.
- Relacionar a disposição dos pares eletrônicos à forma tridimensional das moléculas.
- Favorecer a aprendizagem significativa a partir da interação e experimentação virtual.

Materiais

- Computador
- Acesso à internet.
- Projetor de imagem
- Simulador PhET – “**Geometria Molecular**”.

1. Retomada conceitual (10 minutos)

- Retomar brevemente os principais conceitos abordados na Aula 1:
 - Geometria molecular;
 - Pares ligantes e não ligantes;
 - Influência da repulsão eletrônica na forma das moléculas.
- Questionar os estudantes:
- *“Como os pares de elétrons influenciam a forma das moléculas?”*
- *“Por que moléculas com o mesmo número de átomos podem apresentar geometrias diferentes?”*

2. Introdução ao simulador PhET (30 minutos)

- Apresentar o simulador PhET – **Geometria Molecular**, explicando suas principais funcionalidades.
- Orientar os estudantes quanto ao uso adequado da ferramenta e aos objetivos da atividade.
- Demonstrar, com o auxílio do projetor:
 - Inserir átomos;
 - Visualizar pares de elétrons ligantes e não ligantes;
 - Alterar estruturas e observar mudanças na geometria molecular.
 - Montar moléculas previamente estudadas (H₂O, CO₂, NH₃, CH₄);

- Identificar a geometria molecular de cada estrutura;
- Observar os ângulos de ligação e a influência dos pares não ligantes.

3. Sistematização e discussão (10 minutos)

- Promover uma discussão coletiva sobre as simulações realizadas.
- Comparar os resultados obtidos no PhET com:
 - Os desenhos feitos na Aula 1;
 - As explicações teóricas da VSEPR.

4. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018). A utilização de simulações computacionais contribui para o desenvolvimento de habilidades relacionadas como:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos para explicar a organização e o comportamento da matéria em nível microscópico;
- **EM13CNT106:** Utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica e ética no processo de aprendizagem.

Ao promover a interação dos estudantes com ferramentas digitais, a aula favorece a construção de modelos explicativos para a estrutura tridimensional das moléculas, articulando teoria e prática, de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam o uso de tecnologias digitais como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem.

Quadro 7. Organização da Aula 3: Experimentação com Simulação Computacional da Geometria Molecular (PhET)

Aula 3: Experimentação com Simulação Computacional da Geometria Molecular (PhET)

Objetivos:

- Aplicar os conhecimentos prévios e os conceitos estudados sobre geometria molecular na construção de modelos tridimensionais.
- Explorar, por meio da simulação PhET, diferentes estruturas moleculares, identificando suas respectivas geometrias.

- Favorecer a consolidação da aprendizagem significativa por meio da experimentação virtual e da análise de modelos moleculares.
- Estimular a autonomia e o raciocínio científico dos estudantes na investigação de novas estruturas moleculares.

Materiais:

- Laboratório de informática da escola
- Computadores com acesso à internet
- Simulação “Geometria Molecular” do site PhET
- Caderno ou folha para anotações
- Lápis ou caneta

1. Organização da atividade (5 minutos):

Os estudantes foram encaminhados ao laboratório de informática da escola e organizados individualmente ou em duplas, conforme a disponibilidade de equipamentos. Inicialmente, o professor retomou brevemente as orientações sobre o uso da simulação PhET, já apresentadas na aula anterior.

2. Experimentação com a simulação (35 minutos):

Nesta etapa, denominada *experimentação*, os estudantes foram desafiados a utilizar a simulação para montar estruturas moleculares disponíveis no ambiente virtual, classificadas pelo próprio site como “modelos” ou “moléculas reais”. Além das estruturas previamente discutidas, os estudantes puderam explorar novas combinações, buscando identificar as possíveis geometrias moleculares associadas a cada composto.

Durante a atividade, foi solicitado que realizassem anotações sobre as estruturas simuladas, registrando informações como fórmula molecular, geometria observada e eventuais dúvidas ou dificuldades encontradas.

3. Sistematização e discussão (10 minutos):

Ao final da experimentação, realizou-se uma breve discussão coletiva, na qual os estudantes compartilharam suas observações e conclusões. O professor mediou o diálogo, esclarecendo conceitos, relacionando as simulações com a teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência (VSEPR) e retomando os principais tipos de geometria molecular identificados.

4. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil,

2018). A etapa de experimentação com o uso da simulação computacional PhET contribui para o desenvolvimento de habilidades como:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos para explicar a organização e o comportamento da matéria em nível microscópico;
- **EM13CNT202:** Analisar e discutir modelos, teorias e leis científicas, reconhecendo seus limites e possibilidades de explicação;
- **EM13CNT106:** Utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, reflexiva e ética no processo de aprendizagem.

Ao possibilitar que os estudantes construam, manipulem e analisem modelos moleculares virtuais, a aula favorece a consolidação da aprendizagem por meio da experimentação, articulando conhecimentos prévios e novos saberes. Essa abordagem está de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam o protagonismo estudantil, a investigação científica e o uso das tecnologias digitais como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem.

Quadro 8. Organização da Aula 4: Experimentação sobre Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas

Aula 4 – Experimentação: Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas

Objetivo geral

Consolidar a compreensão dos conceitos de geometria molecular e polaridade das moléculas por meio de atividades experimentais e práticas, utilizando modelos físicos e experimentos simples para relacionar a organização espacial das moléculas às suas propriedades físico-químicas.

Objetivos específicos

- Reforçar o modelo da Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR);
- Visualizar e representar geometrias moleculares tridimensionais;
- Compreender o conceito de polaridade molecular;
- Relacionar geometria molecular, distribuição de cargas e polaridade;
- Analisar o comportamento de substâncias polares e apolares a partir de experimentos.

Materiais necessários

- Balões de festa (em cores e tamanhos distintos);

- Bomba manual para inflar balões;
- Barbante ou fita adesiva;
- Buretas;
- Suporte universal;
- Garras metálicas;
- Água;
- Óleo de cozinha;
- Folha em branco ou caderno para anotação;
- Lápis e caneta

1. Introdução e problematização inicial (5 minutos)

A aula teve início com questionamentos orientadores, retomando conceitos já trabalhados:

- Como os pares de elétrons se organizam ao redor do átomo central?
- Por que algumas substâncias se dissolvem com a água e outras não?
- O que caracteriza uma molécula como polar ou apolar?

Essas questões tiveram como objetivo mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes e estabelecer a conexão entre geometria molecular e polaridade.

2. Atividade prática I – Simulação da geometria molecular com balões (15 minutos)

Os estudantes foram encaminhados ao laboratório de Ciências da escola e lá foram organizados em pequenos grupos. Inicialmente, utilizaram balões de festa para simular a repulsão entre pares de elétrons ao redor de um átomo central, representado simbolicamente pelo ponto de amarração dos balões.

Foram construídas representações de diferentes geometrias moleculares, tais como:

- linear;
- trigonal plana;
- tetraédrica;
- piramidal;
- angular.

Durante a atividade, os estudantes observaram como a organização espacial dos balões se modifica em função da presença de pares ligantes e não ligantes, estabelecendo analogias com moléculas diatômicas e poliatômicas.

3. Exposição dialogada e articulação conceitual (10 minutos)

Após a simulação das geometrias, o professor conduziu uma breve exposição dialogada sobre polaridade molecular, abordando:

- o conceito de eletronegatividade;
- a formação de dipolos elétricos;
- a influência da geometria molecular na polaridade da molécula.

Foram discutidos exemplos clássicos, como a molécula de água (polar) e a de dióxido de carbono (apolar), destacando que moléculas com ligações polares nem sempre são polares, dependendo de sua geometria.

4. Atividade prática II – Experimento sobre polaridade (10 minutos)

Na sequência, os estudantes realizaram um experimento simples utilizando água e óleo de cozinha, cada um disposto em uma bureta. A atividade teve como objetivo observar o comportamento das substâncias e relacioná-lo à polaridade molecular. Esta atividade deve ser realizada da seguinte forma:

- ✓ Prenda cada uma das buretas ao suporte universal e encha uma delas com água e a outra com óleo.
- ✓ Encha um balão com ar e atrite no cabelo ou em um pano de lã, de maneira que deixe o balão eletrizado. (**Obs.** É importante que o cabelo não esteja molhado ou com excesso de creme).
- ✓ Abra lentamente a torneira presente em cada uma das buretas de maneira que forme um fluxo constante do líquido presente em seu interior.
- ✓ Aproxime o balão eletrizado e observe o fenômeno ocorrido.

5. Registro dos dados (10 minutos)

Registre todas as possíveis geometrias moleculares construídas pelo grupo. Além disso, descreva o fenômeno observado ao aproximar o balão eletrizado dos fluxos de água e de óleo, respectivamente, e realize uma discussão com o objetivo de estabelecer a polaridade de cada uma dessas substâncias.

6. Considerações metodológicas

A junção das atividades de simulação com balões e do experimento sobre polaridade possibilitou uma abordagem integrada entre modelagem, experimentação e reflexão teórica, favorecendo a aprendizagem significativa dos conceitos de geometria molecular e polaridade. Essa etapa permitiu aos estudantes compreender que a forma tridimensional das moléculas está diretamente relacionada às suas propriedades físico-químicas, fortalecendo a articulação entre teoria e prática no ensino de Química.

7. Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A aula descrita está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, no âmbito da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018). As atividades experimentais e de modelagem desenvolvidas contribuem para o desenvolvimento das seguintes habilidades:

- **EM13CNT101:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em modelos explicativos, reconhecendo a ciência como construção humana, histórica e social;
- **EM13CNT103:** Utilizar diferentes representações e modelos — como esquemas, simulações e modelos físicos — para explicar a organização, a estrutura e o comportamento da matéria em nível microscópico;
- **EM13CNT104:** Avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico, considerando suas implicações no cotidiano e em contextos sociais e ambientais;

Ao articular a simulação da geometria molecular com balões e a realização de um experimento sobre polaridade, a aula favorece a compreensão das relações entre estrutura molecular e propriedades das substâncias, promovendo a construção de modelos explicativos e a integração entre teoria e prática. Essa abordagem está de acordo com os princípios da BNCC, que enfatizam a aprendizagem investigativa, a experimentação e o uso de diferentes estratégias didáticas como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem.

Após o desenvolvimento de toda sequência de aulas sugerida, faz-se então uso do aplicativo, o qual tem por finalidade apresentar-se como uma ferramenta complementar para o ensino de Geometria Molecular. Nessa perspectiva de utilização o GeoMol pode transcender o papel de ferramenta de treino e consolidar-se como um mediador para a construção coletiva do conhecimento.

6. REFERÊNCIAS

AZZELLINI, G. C. **Material Suplementar - Capítulo 2 – Ligação Covalente: teorias e estrutura molecular**. Instituto de Química, USP, 2017.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação – Câmara de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Resolução nº 3, 2018.

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**, v. 14, n. 3, p. 45-53, 2020.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT). MIT App Inventor. Cambridge, MA: MIT. Disponível em: appinventor.mit.edu. Acesso em: 14 fev. 2026.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M. A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, p. 65-78, 2009.