Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Química
Licenciatura em Química

Cristina Dias Cordella

Atividades de modelagem para o ensino de isomeria

Porto Alegre
2024

Cristina Dias Cordella

Atividades de modelagem para o ensino de isomeria

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à obtenção do título de Licencianda em Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Maurícius Selvero Pazinato

Porto Alegre
2024

CIP - Catalogação na Publicação

Cordella, Cristina Dias
Atividades de modelagem para o ensino de isomeria / Cristina Dias Cordella. -- 2024.
50 f.
Orientador: Maurícius Selvero Pazinato.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Licenciatura em Química, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Modelagem. 2. Isomeria. 3. Química Orgânica. 4. Ensino de Química. I. Pazinato, Maurícius Selvero, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Cristina Dias Cordella

Atividades de modelagem para o ensino de isomeria

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de licenciada em Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Orientador: Prof. Dr. Maurícius Selvero Pazinato

Aprovada em: Porto Alegre, 7 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Maurícius Selvero Pazinato
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profª Drª Daniele Trajano Raupp
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profª Drª Morgana Bazzan Dessuy
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Maurícius Selvero Pazinato, uma referência em Ensino de Química, pela orientação, dedicação, paciência e conhecimentos transmitidos.

À professora Cláudia Moreira da Fontoura, do Instituto Rio Branco, pelas trocas de conhecimento, experiências e pela parceria durante todo o processo.

Aos alunos das turmas 302 e 305 por me permitirem desenvolver esse trabalho tão desafiador.

À minha família, pelo amor e paciência nas minhas ausências.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desse trabalho, assim como estiveram presentes e me ajudaram, auxiliando e ensinando, para que fosse possível chegar até este momento.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar as contribuições do uso de modelos físicos e computacionais para o ensino de isomeria com alunos do Ensino Médio. A pesquisa ocorreu com 48 estudantes de duas turmas de 3º ano do ensino médio de uma Escola Estadual de ensino regular, situada na cidade de Porto Alegre, RS. As atividades foram desenvolvidas em aulas da disciplina de Química, no âmbito do projeto Residência Pedagógica. Os estudantes realizaram projeções espaciais de moléculas de compostos orgânicos por meio de um modelo molecular físico, do tipo bola e bastão, bem como virtual realizada no site www.molview.org. Os dados foram obtidos através de questionários e exercícios sobre isomeria. Os resultados das atividades de modelagem em 3D e o acompanhamento dos alunos, durante as aulas de isomeria, fornecem indícios de que os estudantes começaram a desenvolver habilidades de visualização tridimensional de moléculas orgânicas. Além disso, eles avaliaram positivamente a sua participação nas atividades de modelagem propostas, destacando que a mesma facilitou a aprendizagem, a visualização espacial das moléculas e tornou as aulas mais interessantes.

Palavras-chave: Modelagem; Isomeria; Química Orgânica; Ensino de Química.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the contributions of using physical and computational models for teaching isomerism with high school students. The research took place with 48 students from two 3rd year high school classes at a regular State School, located in the city of Porto Alegre, RS. The activities were developed in Chemistry classes, within the scope of the Pedagogical Residency project. The students carried out spatial projections of organic compound molecules using a physical molecular model, ball and stick, as well as a virtual one carried out on the www.molview.org website. Data were obtained through questionnaires and exercises on isomerism. The results of the 3D modeling activities and the monitoring of students during isomerism classes provide evidence that students have begun to develop three-dimensional visualization skills for organic molecules. Furthermore, they positively evaluated their participation in the proposed modeling activities, highlighting that it facilitated learning, the spatial visualization of molecules and made classes more interesting.

Keywords: Modeling; Isomerism; Organic Chemistry; Chemistry teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os três níveis de entendimento da química. 13
Figura 2 – Isômeros cis- e trans-1,2-dicloroeteno. 17
Figura 3 – Imagens especulares do trans do 1,2-dimetilciclopentano. 17
Figura 4 – O átomo de carbono tetraédrico do 2-butanol tendo quatro grupos diferentes.....18
Figura 5 – Gênero dos sujeitos. 21
Figura 6 – Materiais para montagem das moléculas. 23
Figura 7 – Folha de identificação da atividade do grupo 1. 23
Figura 8 – Imagem da tela inicial do software MolView. 25
Figura 9 – Desenho dos isômeros da molécula C_3H_8O das duas turmas do Grupo 1. 30
Figura 10 – Desenho dos isômeros da molécula C_2H_6O das duas turmas do Grupo 2. 30
Figura 11 – Desenho dos isômeros da molécula C_4H_{10} das duas turmas do Grupo 3. 31
Figura 12 – Desenho dos isômeros da molécula $C_2H_2Cl_2$ das duas turmas do Grupo 4. 31
Figura 13 – Desenho dos isômeros da molécula $C_3H_6O_3$ das duas turmas do Grupo 5. 32
Figura 14 – Representações dos isômeros das duas turmas pelos Grupos 1 e 2. ...33
Figura 15 – Representação dos isômeros da molécula $C_3H_6O_3$ das duas turmas do Grupo 5. 34
Figura 16 – Desenho da molécula C_3H_8O do Grupo 1. 35
Figura 17 – Desenhos da molécula C_4H_{10} das duas turmas do Grupo 3. 36
Figura 18 – Desenhos da molécula $C_3H_6O_3$ das duas turmas do Grupo 5. 36
Figura 19 – Motivos para aprender sobre Isomeria a partir da construção de modelos moleculares. 37
Figura 20 – Avaliação dos estudantes sobre a atividade de modelagem. 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 OBJETIVOS 12
2.1 OBJETIVO GERAL 12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
3 REFERENCIAL TEÓRICO 13
3.1 MODELOS E ATIVIDADES DE MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA 13
3.2 ENSINO DE ISOMERIA 16
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 20
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 20
4.2 SUJEITOS DA PESQUISA 20
4.3 APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MODELAGEM 21
4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS 26
4.4.1 Questionários investigativos 26
4.4.2 Exercícios sobre isomeria 26
4.5 MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS 27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
5.1 PERFIL DAS TURMAS E INTERESSES DOS SUJEITOS 28
5.2 ATIVIDADES DE MODELAGEM 29
5.2.1 Representação das moléculas em 2D 29
5.2.2 Representação das moléculas em 3D 32
5.2.2.1 Representação das moléculas com o kit didático 32
5.2.2.2 Representação das moléculas com aplicativo MolView 34
5.3 PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE AS ATIVIDADES DE MODELAGEM 37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 41
REFERÊNCIAS 42
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO INICIAL 45
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO FINAL 48

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Chassot (1994), a Química deveria ser uma linguagem facilitadora de leitura e interpretação do mundo. Por meio de sua compreensão, as pessoas estariam aptas a compreender e interpretar fenômenos, posicionar-se criticamente perante os problemas do cotidiano, tornando-se cidadãos críticos e ativos na sociedade.

A Química, por ser uma Ciência que trata de fenômenos que ocorrem com espécies atômicas e subatômicas as quais são representadas em nível submicroscópico, é totalmente baseada em modelos. Dori e Barak (2001) definem que um modelo pode ser visto como um intermediário entre a abstração da teoria e as ações concretas de um experimento. Para que ocorra um aprendizado, com significado para o aluno, é necessário que o estudante tenha estruturas mentais que o permitam abstrair e compreender a ideia do modelo, sem deixar de lado o fato de que o mesmo serve para explicar um fenômeno que não pode ser visto, mas que possui várias evidências que argumentam a favor dele.

A Química utiliza uma linguagem própria para a representação do real e, por isso, é importante a utilização de instrumentos que desenvolvam no aluno habilidades cognitivas para compreensão dos fenômenos químicos na dimensão submicroscópica (QUEIROZ; LIMA, 2023). A memorização indiscriminada de símbolos, fórmulas e nomes de substâncias não contribui para o desenvolvimento de competências e habilidades desejáveis no Ensino Médio (BRASIL, 2002), além de tornar a Química uma disciplina cansativa, entediante e de difícil compreensão.

De acordo com Johnstone (1993), o conhecimento da Química perpassa três níveis de entendimento: o submicroscópico, o simbólico e o macroscópico. O nível macroscópico diz respeito aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível. O nível simbólico envolve as fórmulas, equações químicas e estruturas, dentre outras. O nível submicroscópico, por sua vez, está relacionado aos movimentos e principalmente arranjo de moléculas, átomos ou partículas.

Referente aos fenômenos que ocorrem no nível submicroscópico, sendo este um nível de alto grau de abstração, Oliveira (2012) defende o uso de modelos como ferramenta mediadora no processo de ensino-aprendizagem, isso porque a maior

dificuldade dos alunos está em compreender e associar o nível submicroscópico com a realidade. Ao adotar diferentes estratégias e materiais didáticos, fica mais fácil levar o aluno ao entendimento. A utilização de modelos físicos e softwares pode contribuir satisfatoriamente para a aprendizagem, uma vez que, ao poder manipular e visualizar moléculas tridimensionais, o nível submicroscópico é favorecido e este é mais facilmente compreendido pelos alunos.

A modelagem molecular é uma ferramenta que permite criar animações, visualizações e experiências laboratoriais, que ajuda os alunos a investigar propriedades e prever estruturas atômicas e moleculares (GOMES, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as contribuições do uso de modelos físicos e computacionais para o ensino de isomeria com estudantes do nível médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer o perfil e os interesses dos estudantes;
- Identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre isomeria;
- Avaliar o desenvolvimento da habilidade de visualização tridimensional de moléculas orgânicas;
- Investigar a compreensão dos estudantes sobre isomeria após a participação nas atividades de modelagem.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

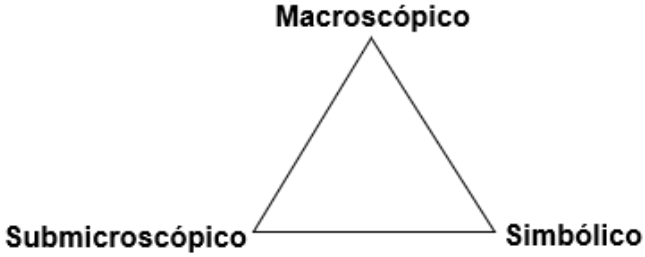
3.1 MODELOS E ATIVIDADES DE MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

A disciplina de Química é conhecida por ser abstrata, considerada pelos alunos como desinteressante e sem vínculo com o cotidiano, isso porque os átomos não podem ser vistos e/ou manipulados individualmente e a relação entre estrutura atômica/molecular e fenômenos químicos não é percebida com clareza por eles. Os estudantes apresentam grande dificuldade para conseguir interpretar acontecimentos em nível molecular e relacioná-los com fenômenos ocorridos no dia a dia (GOMES, 2020).

No ensino de Química, utiliza-se uma linguagem própria para a representação do real, por meio de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Neste processo, torna-se necessário que os alunos desenvolvam a habilidade de reconhecer e saber utilizar tal linguagem. Por isso, é importante a utilização de instrumentos que criem condições para que eles compreendam os fenômenos químicos na dimensão submicroscópica e macroscópica (QUEIROZ; LIMA, 2023).

De acordo com Johnstone (1993), o conhecimento da Química perpassa três níveis de entendimento: o submicroscópico, o simbólico e o macroscópico (Figura 1). O nível macroscópico diz respeito aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível. O nível simbólico envolve as fórmulas, equações químicas e estruturas, dentre outras. O nível submicroscópico, por sua vez, está relacionado aos movimentos e principalmente arranjo de moléculas, átomos ou partículas.

Figura 1 – Os três níveis de entendimento da química.



Fonte: Adaptada de JOHNSTONE, 1993.

Neste contexto, o uso de modelos no ensino de Ciências tem se demonstrado eficiente no que se diz respeito aos resultados obtidos com sua utilização. Os modelos fornecem uma versão simplificada de um fenômeno a ser produzido e estimulam a investigação amparada pela visualização de um fenômeno, imaginando projeções de acordo com suas propriedades (FILHO, 2005). Segundo Ferreira e Justi (2008, p. 32):

> Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar elaboração, para teste de novas ideias e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado.

No caso dos modelos, sendo um modelo uma representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema, e modelagem como sendo o processo de construção de modelos, Krapas et al. (1997) definem cinco categorias de modelos, que seguem com uma explicação abreviada:

- Modelo mental: é o modelo pessoal, construído pelo indivíduo e que pode se expressar através da ação, da fala, da escrita, do desenho;

- Modelo consensual: é o modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais com o propósito de compreender/explicar ideias, objetos, eventos, processos ou sistemas;

- Modelo pedagógico: é o modelo construído com o propósito de promover a educação, incluindo processos de transformação de conhecimento científico em conhecimento escolar;

- Meta-modelo: construído com o propósito de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais ou de modelos mentais;

- Modelagem como objetivo educacional: construir modelos como propósito central do ensino de ciências.

Os modelos didáticos, propostos pelos professores de Química em sala de aula, têm como finalidade principal tornar as aulas atrativas e adequadas para promoção de discussões sobre determinados temas, que frequentemente, são de difícil entendimento por envolverem, por exemplo, a necessidade de imagens para a sua compreensão, analogias, e algumas vezes, metáforas. Esses modelos, que auxiliam os alunos a transporem ideias de um plano abstrato a um plano concreto, retornando ao abstrato, exercem papel importante na abordagem de conteúdos de

Química. Em muitos casos, esses modelos são representados por analogias (QUEIROZ; LIMA, 2023).

A atividade de elaborar modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos pela criação de estruturas por meio das quais ele pode explorar seu objeto de estudo e testar seu modelo, desenvolvendo conhecimentos mais flexíveis e abrangentes. Em específico, a abordagem de modelagem no ensino de Química envolve a criação de modelos simplificados que representam fenômenos e processos químicos do mundo real. Esses modelos ajudam os alunos a compreenderem conceitos abstratos e complexos de forma mais tangível. Alguns modelos e atividades de modelagem que podem ser utilizados no ensino de Química são:

i) Modelos Moleculares - utilização de kits de construção de moléculas para representar compostos químicos em três dimensões; modelos em papel, bola de isopor ou argila para representar átomos e ligações químicas;

ii) Simulações Computacionais - softwares que permitem aos alunos visualizarem reações químicas, mudanças de estado, interações moleculares, entre outros; simulações de laboratório virtual para realizar experimentos virtuais em ambientes controlados.

A manipulação de modelos moleculares é uma ferramenta para facilitar a assimilação e o aprendizado de conceitos que envolvam a geometria molecular, as ligações químicas, a isomeria, entre outros. A construção de modelos com materiais de baixo custo, tais como isopor, balas, tampas de garrafas, massa de modelar, biscuit, garrafas PET, papelão, é uma alternativa na utilização da metodologia em sala de aula, visto que os materiais vendidos comercialmente ainda possuem um alto custo (SANTOS, 2020).

O uso de recursos tecnológicos, como computadores e internet, pode ser muito útil em atividades de modelagem, pois auxilia no estudo e facilita a aprendizagem, sendo, em alguns casos, uma forma mais estimulante para os alunos adquirirem conhecimento. Por outro lado, deve-se considerar o uso excessivo e sem orientação desses recursos, visto que, por estarem presentes no cotidiano, os estudantes podem ficar muito expostos aos smartphones e tablets, tornando o uso da tecnologia supérfluo e infrutífero diante das enormes possibilidades educacionais e de fonte de conhecimento (SOUZA; SOUZA, 2010).

Uma das ferramentas mais importantes que permite aos alunos investigar propriedades, prever estruturas atômicas e moleculares, além de outras

possibilidades, é a Química computacional, também conhecida como modelagem molecular (RODRIGUES, 2001). Por meio da utilização de softwares de simulação pode-se criar animações, visualizações e experiências laboratoriais, sendo muito eficaz no desenvolvimento da interpretação e compreensão de conceitos abstratos (GOMES, 2020).

Na literatura, há relatos do uso de computadores como ferramenta para o aprendizado, visto que auxilia os estudantes a representarem os fenômenos químicos nas três dimensões (macro, submicroscópica e simbólica) por meio de construções e visualizações de animações dinâmicas projetadas bidimensionalmente e tridimensionalmente (MACHADO, 2016; FILHO, 2005; RAUPP, 2010).

O uso adequado de ferramentas tecnológicas pode servir para construir e consolidar conhecimentos, que se tornam consistentes e duráveis. No entanto, para que isso ocorra da melhor forma, faz-se necessário o intermédio do professor, pois será ele quem norteará a construção dos conhecimentos dos alunos (FUGIMOTO; ALTOÉ, 2009).

3.2 ENSINO DE ISOMERIA

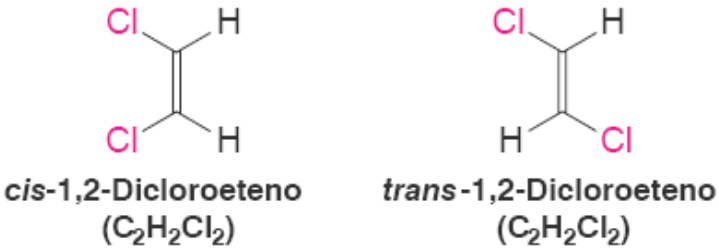
No estudo da Química Orgânica há compostos chamados de isômeros, os quais são substâncias diferentes constituídas por moléculas que têm a mesma fórmula molecular (SOLOMONS, 2018). Compreender o fenômeno da isomeria se faz importante, visto que compostos de mesma fórmula molecular podem ter propriedades químicas, físicas e utilização completamente distintas.

Os isômeros são classificados em constitucionais (isomeria plana) ou estereoisômeros (isomeria espacial). Isômeros constitucionais são compostos que diferem uns dos outros porque seus átomos estão conectados em uma ordem diferente, como, por exemplo, o etanol e o éter metoximetano (REZENDE; AMAURO; FILHO, 2016).

Por outro lado, existem substâncias constituídas por moléculas com fórmula molecular congênere. Apesar de compartilharem a mesma composição e conectividade atômica, diferem-se no arranjo dos seus átomos no espaço (REZENDE; AMAURO; FILHO, 2016). São divididos em dois grupos: diastereoisômeros (exemplo, isômeros geométricos e estereoisômeros sem correspondência na imagem especular)

e enantiômeros (isômeros ópticos). Diastereoisômeros são estereoisômeros cujas moléculas não são imagens especulares entre si, como, por exemplo, os isômeros cis- e trans-1,2-dicloroeteno (Figura 2).

Figura 2 – Isômeros cis- e trans-1,2-dicloroeteno.



Fonte: SOLOMONS, 2018.

Examinando as fórmulas estruturais dos isômeros cis e trans do 1,2-dicloroeteno, é possível observar que eles têm a mesma fórmula molecular ($C_2H_2Cl_2$) e a mesma conectividade (ambos os compostos têm dois átomos de carbono unidos por uma ligação dupla e ambos têm um átomo de cloro e um átomo de hidrogênio ligados a cada um dos átomos de carbono). No entanto, seus átomos têm um arranjo espacial diferente e esses isômeros não podem ser interconvertidos um no outro (devido à barreira rotacional elevada da ligação dupla carbono–carbono), tornando-os estereoisômeros (SOLOMONS, 2018).

Já os enantiômeros são os estereoisômeros que as moléculas são imagens especulares não superponíveis. Sempre há a possibilidade de existirem aos pares e ocorrem apenas com compostos cujas moléculas são quirais. Uma molécula quiral é aquela que não apresenta eixo de simetria, ou seja, é assimétrica (SOLOMONS, 2018). O isômero trans do 1,2-dimetilciclopentano é quiral porque ele é não sobreponível a sua imagem especular (Figura 3).

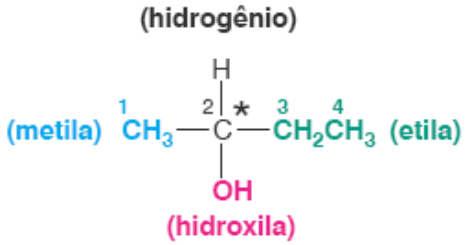
Figura 3 – Imagens especulares do trans do 1,2-dimetilciclopentano.



Fonte: SOLOMONS, 2018.

Considerando os compostos orgânicos, para uma molécula ser quiral deve apresentar um centro de quiralidade, que é um átomo de carbono tetraédrico ligado a quatro grupos diferentes (Figura 4). Uma molécula que contém um centro de quiralidade pode ser quiral e existir como um par de enantiômeros (SOLOMONS, 2018).

Figura 4 – O átomo de carbono tetraédrico do 2-butanol tendo quatro grupos diferentes.



Fonte: SOLOMONS, 2018.

Em relação ao processo de ensino de aprendizagem, algumas pesquisas indicam que os alunos apresentam dificuldades na compreensão do fenômeno da isomeria. Almeida, Arrigo e Broietti (2019) abordam que as dificuldades conceituais que os alunos apresentam no estudo desse tópico podem ser atribuídas a problemas básicos, como a compreensão de teorias estruturais, ligações químicas e representações de fórmulas estruturais. Raupp (2015) relata que a falta de contextualidade, bem como métodos de ensino que focam excessivamente na memorização de nomes, fórmulas e tabelas como dificuldades na aprendizagem, o que faz com que os estudantes possam não compreender fenômenos que não são relacionados ao seu cotidiano.

No que se refere ao desenvolvimento de propostas metodológicas e emprego de recursos didáticos, Raupp et al. (2010) utilizaram o software computacional chamado ChemSketch 10.0 (software livre) para investigar como ocorre a evolução da capacidade representacional de estudantes de Química de nível médio na construção de modelos moleculares. Para este estudo, os autores selecionaram o conteúdo específico de isomeria geométrica, no qual uma das peculiaridades é a de os isômeros possuírem mesma fórmula molecular e fórmula espacial diferente. Uma das justificativas dos autores para esta seleção foi a de que a estereoquímica, em específico a isomeria geométrica, é um dos conteúdos de compreensão mais difícil.

Ao analisarem os resultados deste estudo, Raupp et al. (2010) afirmam que a representação das moléculas evolui após o uso do software, visto que os modelos expressos pelos estudantes se mostraram mais completos e corretos, e a dimensão espacial e geométrica das moléculas passou a ser considerada. Os autores atribuem uma importância capital ao emprego de softwares computacionais especialmente para representações mais sofisticadas, como é o caso, por exemplo, da transição de moléculas bidimensionais para representações tridimensionais. Além disso, o software empregado neste estudo permite:

i) a visualização das relações espaciais das moléculas;

ii) a manipulação, que possibilita a rotação e integração do estudante com as peculiaridades das estruturas;

iii) a multiplicidade de cores e formas de representação, o que diferencia claramente os átomos e suas ligações.

Outro trabalho de destaque é o de Rezende, Amauro, Filho (2016), que criou uma estratégia didática que consiste em representar estereoisômeros em suas fórmulas de projeções em perspectivas e de Fischer. Tais estruturas foram elaboradas utilizando-se o software ChemSketch, impressas em folhas A4 e em transparências, a fim de que o aluno possa visualizar as formas espaciais das moléculas e as alterações na configuração dos isômeros, conforme a molécula gira no espaço. A metodologia proposta auxiliou os alunos a compreenderem a estereoquímica de uma forma descomplicada, com a vantagem da utilização de materiais simples, de baixo custo e de fácil acesso, na confecção das estruturas.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste Capítulo será apresentado o método desta pesquisa, que está organizado nos seguintes tópicos: classificação, sujeitos e atividades de modelagem desenvolvida, bem como os instrumentos de coleta e método de análise dos dados obtidos.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

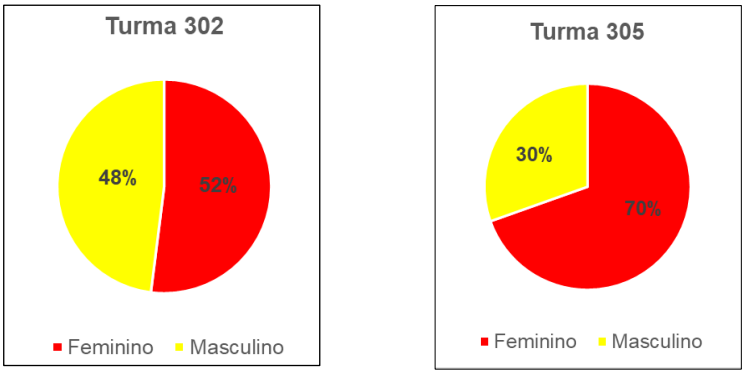
Essa pesquisa é definida como sendo de caráter qualitativo. Segundo Rosa (2013), este tipo de pesquisa se caracteriza por ser de natureza interpretativa e o pesquisador deve estar imerso no universo estudado. Assim, essa investigação também busca conferir um caráter descritivo e repleto de significados aos dados coletados e observados, atentando para o contexto/ambiente natural em que se desenvolve a pesquisa (CORREA; CAMPOS; ALMAGRO, 2018).

4.2 SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida neste Trabalho de Conclusão de Curso foi realizada no Instituto Rio Branco, uma Escola Estadual de ensino regular, em Porto Alegre, RS. As atividades foram desenvolvidas em aulas da disciplina de Química, no âmbito do projeto Residência Pedagógica, no qual a autora deste trabalho faz parte da equipe de cinco residentes de Química que atuam na escola. O Programa de Residência Pedagógica é um programa da CAPES, que tem por finalidade fomentar projetos institucionais de residência pedagógica implementados por Instituições de Ensino Superior e é uma das ações que integram a Política Nacional de Formação de Professores.

Os sujeitos dessa pesquisa foram estudantes de duas turmas (302 e 305) de 3° ano do ensino médio, no turno da manhã. A turma 302 era constituída por 25 estudantes, sendo 13 do sexo feminino e 12 do sexo masculino; a turma 305 possuía 23 alunos, com 16 do sexo feminino e sete do sexo masculino (Figura 5). Assim, o total de participantes foi 48 estudantes, os quais possuíam faixa etária entre 17 e 20 anos.

Figura 5 – Gênero dos sujeitos.



Fonte: A autora.

4.3 APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MODELAGEM

A elaboração das atividades de modelagem para o ensino de isomeria iniciou com uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, passando pela escolha da metodologia de ensino empregada. A abordagem escolhida foi uso de modelos e modelagem, visto os relatos da literatura sobre a dificuldade de entendimento dos estudantes sobre a disposição espacial das moléculas (FARIAS, 2014), bem como a indicação de que o emprego adequado de modelos e atividades de modelagem podem auxiliar neste obstáculo (MACHADO, 2016; RAUPP, 2010).

No Quadro 1 é apresentado um resumo das aulas trabalhadas sobre o tópico de isomeria com as duas turmas, no período entre 18 de outubro e 29 de novembro de 2023. As atividades foram planejadas para serem desenvolvidas em oito aulas, com duas aulas de 50 minutos por semana, mas alguns imprevistos e atividades extras da escola atrasaram o cronograma. Destaca-se que o emprego da atividade de modelagem ocorreu a partir da aula 5.

Quadro 1 – Organização das atividades e recursos didáticos.

Aula	Atividades desenvolvidas	Recurso didático
1	Dinâmica das aulas. Introdução à Isomeria	Quadro branco
2	Isomeria plana	Quadro branco
3	Isomeria plana	Quadro branco
4	Isomeria espacial	Quadro branco
5	Atividades com kit didático	Kit didático
6	Atividades com kit didático	Kit didático
7	Atividades no aplicativo	Aplicativo MolView
8	Atividades no aplicativo	Aplicativo MolView

Fonte: A autora.

A seguir, é descrito de forma mais detalhada o desenvolvimento das atividades de modelagem que foram aplicadas com os sujeitos desta pesquisa, em cada aula, para as duas turmas em conjunto. As atividades de modelagem foram organizadas em três etapas: representação das moléculas em 2D, representação das moléculas com o kit didático e representação das moléculas com o aplicativo MolView.

Aula 1

Nesse primeiro momento, houve uma explicação aos alunos sobre a dinâmica das próximas oito aulas, que envolveriam o estudo sobre a isomeria de compostos orgânicos, incluindo atividades de visualização de moléculas tridimensionalmente, com o uso de um kit didático tipo bola e bastão e um software disponível na Internet. Esclareceu-se que essas atividades fariam parte do TCC da autora. Alguns estudantes ficaram curiosos sobre as atividades e gostariam de saber como seria a avalição.

Na sequência, foi iniciada uma introdução sobre Isomeria com alguns exemplos. A maioria dos estudantes demonstrou dúvidas a respeito das funções orgânicas, conhecimento necessário para compreender a isomeria.

Aula 2

Nessa aula, foi trabalhado o conceito de isomeria plana (ou isômeros constitucionais) e seus cinco tipos. Em função das dúvidas trazidas pelos alunos na aula anterior sobre funções orgânicas, esses conceitos tiveram que ser retomados ao longo da aula.

Aula 3

No início da aula, foram realizados exercícios sobre os conteúdos vistos na aula anterior e um breve resumo sobre isomeria plana. No final, foi iniciado o conteúdo sobre isomeria espacial (ou estereoisômeros).

Aula 4

Essa aula iniciou com os conceitos sobre isomeria espacial e seus dois tipos. Houve muita dificuldade dos alunos em visualizar as moléculas em três dimensões e diferenciar os isômeros, a partir dos desenhos feitos pela autora no quadro branco.

Aula 5

As atividades com os kits didáticos iniciaram nessa aula. Os kits didáticos são da marca Molymod, disponíveis no Instituto de Química da UFRGS. Os alunos foram divididos em cinco grupos e cada um recebeu uma embalagem com todos os materiais necessários para a montagem das moléculas de dois isômeros (Figura 6). Eles não tinham trabalhado com kits didáticos desse tipo, então não estavam entendendo por que as bolas tinham cores diferentes. Foi explicado, então, que as bolas pretas representavam os átomos de carbono; as brancas, os de hidrogênio; as vermelhas, os de oxigênio e as verdes, os de cloro. Os bastões cinza representavam as ligações covalentes simples entre os átomos.

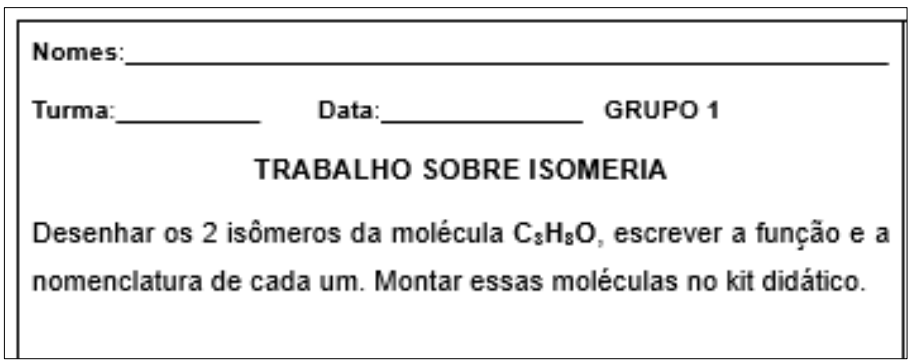
Figura 6 – Materiais para montagem das moléculas.



Fonte: A autora.

Junto com os kits, os grupos também receberam uma folha para ser preenchida com os desenhos das moléculas, nomes, tipo de função e tipo de isomeria (Figura 7), que deveria ser devolvida no final da atividade, para avaliação do trimestre.

Figura 7 – Folha de identificação da atividade do grupo 1.



Nomes:_____

Turma:_____ **Data:**_____ **GRUPO 1**

TRABALHO SOBRE ISOMERIA

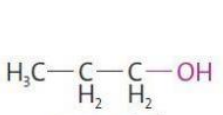
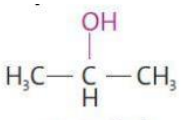
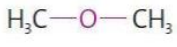
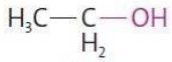
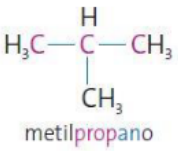
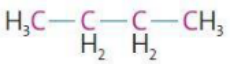
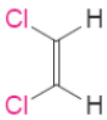
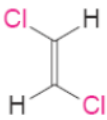
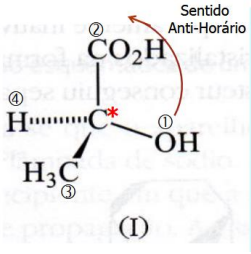
Desenhar os 2 isômeros da molécula C_3H_8O, escrever a função e a nomenclatura de cada um. Montar essas moléculas no kit didático.

Fonte: A autora.

No final da aula, os grupos entregaram todos os materiais para a autora, para prosseguir com as tarefas na próxima aula.

No Quadro 2, é possível observar as fórmulas moleculares, os tipos de isomeria, as fórmulas estruturais e os nomes dos isômeros utilizados nessa atividade. Esse material não foi disponibilizado aos estudantes.

Quadro 2 – Grupos de moléculas de isômeros.

Grupo 1: C_3H_8O Isomeria de posição	 propan-1-ol  propan-2-ol
Grupo 2: C_2H_6O Isomeria de função	 metoximetano  etanol
Grupo 3: C_4H_{10} Isomeria de cadeia	 metilpropano  butano
Grupo 4: $C_2H_2Cl_2$ Isomeria cis-trans	 ***cis*-1,2-Dicloroeteno**  ***trans*-1,2-Dicloroeteno**
Grupo 5: $C_3H_6O_3$ Isomeria óptica	 (I) (II)

Aula 6

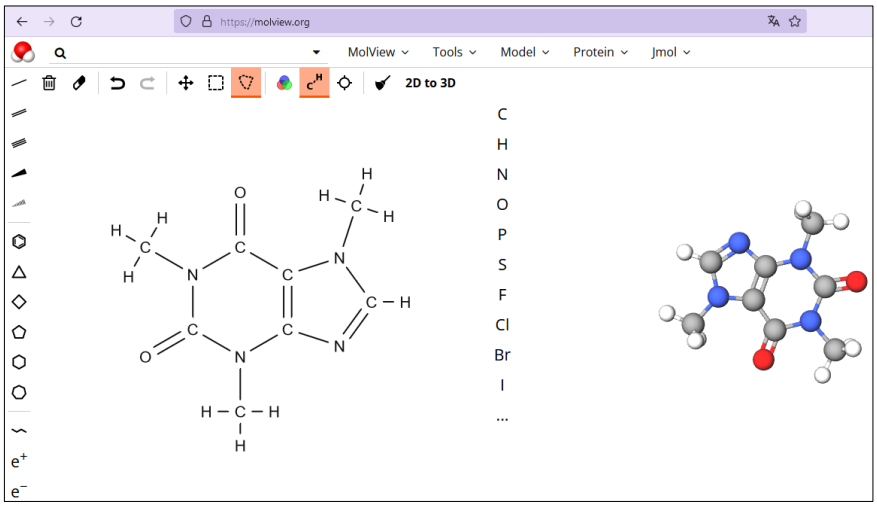
Os alunos se reuniram novamente em grupos e receberam da autora os materiais para prosseguirem com a atividade. Após a conclusão da atividade, foi solicitado que os alunos tirassem fotos das moléculas e postassem na atividade incluída no *Google Classroom* das turmas.

Aula 7

Para essa aula, foram distribuídos aos alunos os Chromebooks que a Escola possui, um para cada grupo. As salas de aula não possuem projetor multimídia, então a autora explicou para cada grupo, separadamente, como utilizar o aplicativo MolView (Figura 8), utilizado para desenhar as moléculas dos isômeros.

O MolView é um aplicativo intuitivo, gratuito e em inglês, com uma plataforma de visualização de dados baseada na internet. Além de consultar os formatos das moléculas em 2D e 3D, é possível editar as moléculas e montar combinações novas. Na plataforma, também está disponível visualizar a estrutura de diversas proteínas, enzimas, minerais e DNA (MolView, 2024).

Figura 8 – Imagem da tela inicial do software MolView.



Fonte: MolView, 2024.

Do lado esquerdo já é apresentada a fórmula estrutural plana de um composto e ao lado direito sua representação tridimensional. Basta clicar no ícone da lixeira no canto superior esquerdo e a área de trabalho estará limpa para a criação e desenvolvimento de novas moléculas.

Inicialmente, os alunos tiveram um pouco de dificuldade de trabalhar com a ferramenta.

Aula 8

Na última aula sobre a atividade de modelagem, os alunos finalizaram a tarefa e representaram as moléculas no MolView. Eles tiraram fotos da tela do Chromebook,

já que não foi possível salvar as imagens do aplicativo e enviaram para o Google Classroom.

Na plataforma das turmas foi disponibilizado o questionário final, elaborado via Google Forms, para que os estudantes pudessem avaliar as atividades propostas ao longo das aulas.

4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os dados desta pesquisa, que foi realizada nas aulas regulares de Química, foram obtidos através de vários tipos de instrumentos, como questionários investigativos e exercícios sobre isomeria.

4.4.1 Questionários investigativos

Foram empregados dois questionários em momentos distintos das atividades de modelagem. A seguir apresenta-se uma descrição de cada um deles.

O **questionário inicial** foi aplicado no início do ano letivo, por meio do Google Forms, com o intuito de conhecer os interesses dos sujeitos da pesquisa, bem como sua opinião sobre a disciplina de Química (Apêndice A). A autora deste TCC atua como residente na escola e vem acompanhando e ministrando aulas durante o ano de 2023. Esse questionário contou com 14 perguntas dissertativas e de múltipla escolha, para conhecer o perfil das turmas.

O **questionário final** foi aplicado na última aula e teve por finalidade investigar as opiniões dos sujeitos a respeito das atividades de modelagem (Apêndice B). Este instrumento de coleta de dados é composto por nove perguntas dissertativas e de múltipla escolha.

4.4.2 Exercícios sobre isomeria

O exercício proposto para ser realizado em sala de aula (Figura 7 e Quadro 2) teve por objetivo identificar as dificuldades dos estudantes e verificar a aprendizagem dos conceitos estudados nas aulas iniciais do trabalho.

4.5 MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados de forma descritiva e interpretativa. As questões objetivas foram avaliadas calculando-se a frequência e o percentual das respostas. As respostas abertas foram analisadas e categorizadas por meio do método Análise de Conteúdo, fundamentado em Bardin (2016), que é

> um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2016, p. 37).

Essa análise permitiu classificar as respostas dos estudantes em categorias, uma vez que elas possibilitam perceber o que cada um dos elementos tem em comum com os outros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste Capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante a aplicação das atividades de modelagem. Participaram 25 estudantes da turma 302 e 23 estudantes da turma 305, totalizando 48 sujeitos. No entanto, um número diferente deste pode ser encontrado ao longo das análises, visto que não foram todos os sujeitos que responderam a todos os instrumentos.

5.1 PERFIL DAS TURMAS E INTERESSES DOS SUJEITOS

O questionário inicial, composto por 14 questões, foi o primeiro instrumento a ser aplicado e gerou dados que auxiliaram na compreensão do perfil dos sujeitos da pesquisa. Os dados das duas turmas foram reunidos para facilitar a análise das respostas, que foram bastante parecidas.

Quando indagados se reprovaram na escola, 21% informaram já terem repetido de ano pelo menos uma vez e 43% afirmaram estarem trabalhando. De modo geral, o que mais os interessa na escola são as aulas propriamente ditas, principalmente quando essas fogem do padrão - indo à biblioteca, debates de temas atuais, trabalhos de pesquisa. O que menos os interessa é o modo tradicional do ensino: copiar textos, aulas massivas e cansativas, bem como aulas repetitivas.

Das disciplinas preferidas, citaram principalmente Matemática e Educação física; nenhum sujeito mencionou Química entre suas favoritas. Pelo menos 87% dos estudantes indicaram que gostariam de ingressar no ensino superior, dentre esses uma aluna indicou estar interessada em Bioquímica, Farmácia ou Arquitetura, enquanto os outros citaram Direito, Engenharia, Sociologia e Medicina veterinária.

Perante o questionamento sobre o papel dos conteúdos de Química na vida, somente um estudante declarou não considerar a disciplina importante. Todavia, 43% declararam já terem tido alguma dificuldade na referida disciplina, variante entre nomenclatura, cálculos ou simplesmente na maior parte. Os assuntos mais interessantes foram medicamentos, com 10 citações, seguido de alimentação, com sete, e meio ambiente, com seis.

5.2 ATIVIDADES DE MODELAGEM

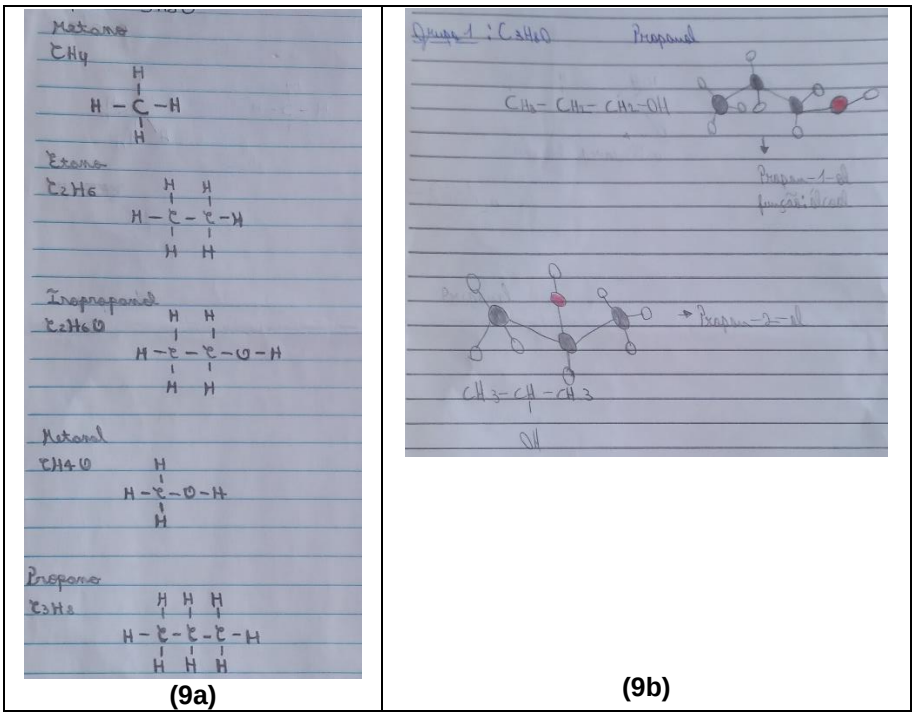
Com a intenção de desenvolver na prática os conhecimentos adquiridos através das aulas teóricas sobre Isomeria, essas atividades tiveram por objetivo avaliar a habilidade dos estudantes de representar moléculas em 2D e 3D, pelo uso de modelos físicos e computacionais. Todas as atividades foram realizadas na sala de aula dos alunos.

5.2.1 Representação das moléculas em 2D

Nessa aula, cada grupo recebeu um kit didático, identificado com o número do grupo e a fórmula molecular dos isômeros. Os estudantes começaram a conversar nos grupos para tentar desenhar as moléculas em uma folha de caderno, antes de utilizarem os kits. Essa atividade teve o propósito de investigar o conhecimento prévio dos estudantes em desenvolver representações químicas em 2D e sobre isomeria. Os alunos foram bem receptivos à atividade, contudo tinham muitas dúvidas e fizeram muitas perguntas. Foi destinado um tempo de aula de aproximadamente 15 min para pensarem e tentarem desenhar as moléculas.

Nas Figuras 9 a 13, é possível observar os desenhos das moléculas de cada grupo, nas turmas 302 (na esquerda) e 305 (na direita). Os desenhos da molécula C_3H_8O da turma 302 (Figura 9a) mostram que os alunos não estavam conseguindo representar os dois isômeros. As moléculas estão desenhadas corretamente, mas não refletem a fórmula molecular dada na atividade. Já o grupo da turma 305 (Figura 9b) conseguiu representar de maneira correta os isômeros, inclusive diferenciando os átomos por cor e tamanho, uma alusão aos modelos físicos que serão empregados na atividade de modelagem.

Figura 9 – Desenho dos isômeros da molécula C_3H_8O das duas turmas do Grupo 1.

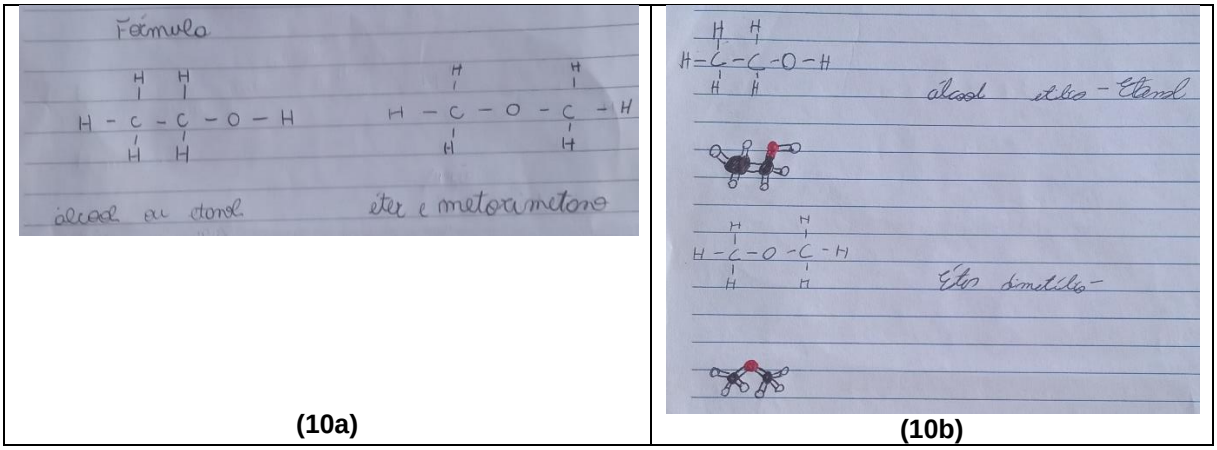


(9a) **(9b)**

Fonte: A autora.

Nas duas turmas, os grupos 2 (Figura 10), 3 (Figura 11) e 4 (Figura 12) conseguiram desenhar corretamente os isômeros. No que se refere às moléculas de fórmula molecular C_2H_6O e C_4H_{10}, possuem isomeria de função e cadeia, respectivamente e ambas são tipos de isomeria plana, facilmente representada em duas dimensões (Figura 10). Observa-se que o grupo da turma 305, já ensaia uma representação em 3D para a molécula do C_2H_6O, apesar de ainda não estarem manipulando os modelos físicos (Figura 10b).

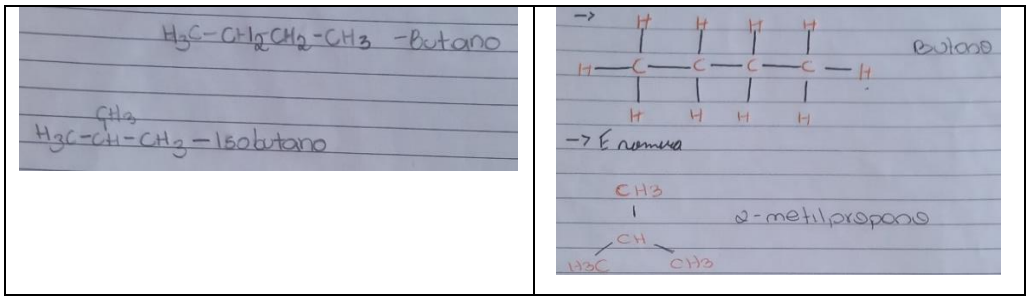
Figura 10 – Desenho dos isômeros da molécula C_2H_6O das duas turmas do Grupo 2.



(10a) **(10b)**

Fonte: A autora.

Figura 11 – Desenho dos isômeros da molécula C_4H_{10} das duas turmas do Grupo 3.

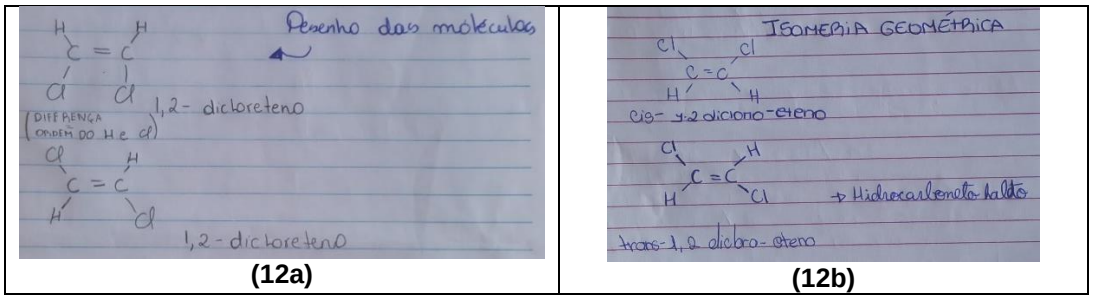


Fonte: A autora.

As moléculas de fórmula $C_2H_2Cl_2$ (Figura 12) possuem isomeria espacial, do tipo geométrica (cis-trans), sendo consideradas diastereoisômeros. Conforme Raupp (2009), para identificar os isômeros geométricos, os estudantes precisam transformar a fórmula molecular em sua fórmula estrutural, visualizar a possível configuração tridimensional e comparar as estruturas.

Neste caso, os alunos dos dois grupos conseguiram representar os isômeros, apesar de que as diferenças entre as duas representações são muito sutis. O grupo da turma 302 identificou os dois isômeros com o mesmo nome (Figura 12a), o que não é possível, pois são moléculas e substâncias diferentes. O outro grupo nomeou corretamente os isômeros, adicionando aos nomes os prefixos cis e trans (Figura 12b).

Figura 12 – Desenho dos isômeros da molécula $C_2H_2Cl_2$ das duas turmas do Grupo 4.



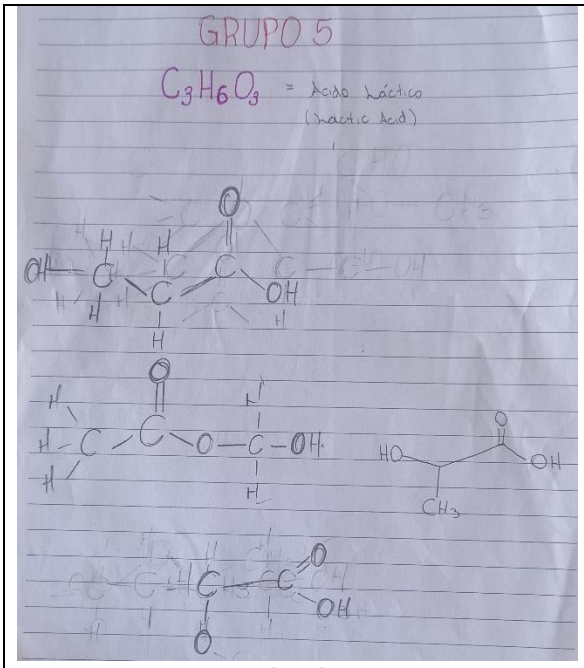
(12a) **(12b)**

Fonte: A autora.

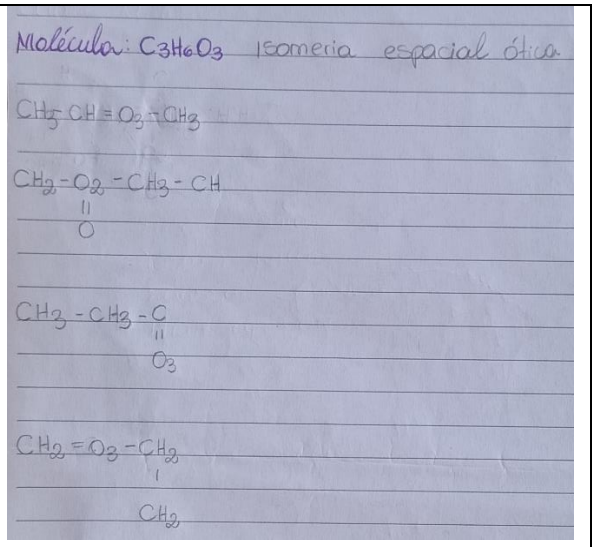
A molécula $C_3H_6O_3$ é um exemplo de isomeria espacial do tipo óptica, como é geralmente tratada no ensino médio. Neste caso, os estudantes deveriam se dar conta da presença de um carbono assimétrico na molécula e, por consequência, da formação do par de enantiômeros (R e S), o que é difícil de visualizar em 2D. Neste caso, os grupos das duas turmas tiveram dificuldade em desenhar os isômeros, como é possível observar na Figura 13. O grupo da turma 302 (Figura 13a), após escrever e apagar as representações algumas vezes, conseguiu desenhar um isômero

somente. O grupo da turma 305 não conseguiu desenhar as moléculas corretamente e pesquisou na Internet sobre esse isômero.

Figura 13 – Desenho dos isômeros da molécula $C_3H_6O_3$ das duas turmas do Grupo 5.



(13a)



(13b)

Fonte: A autora.

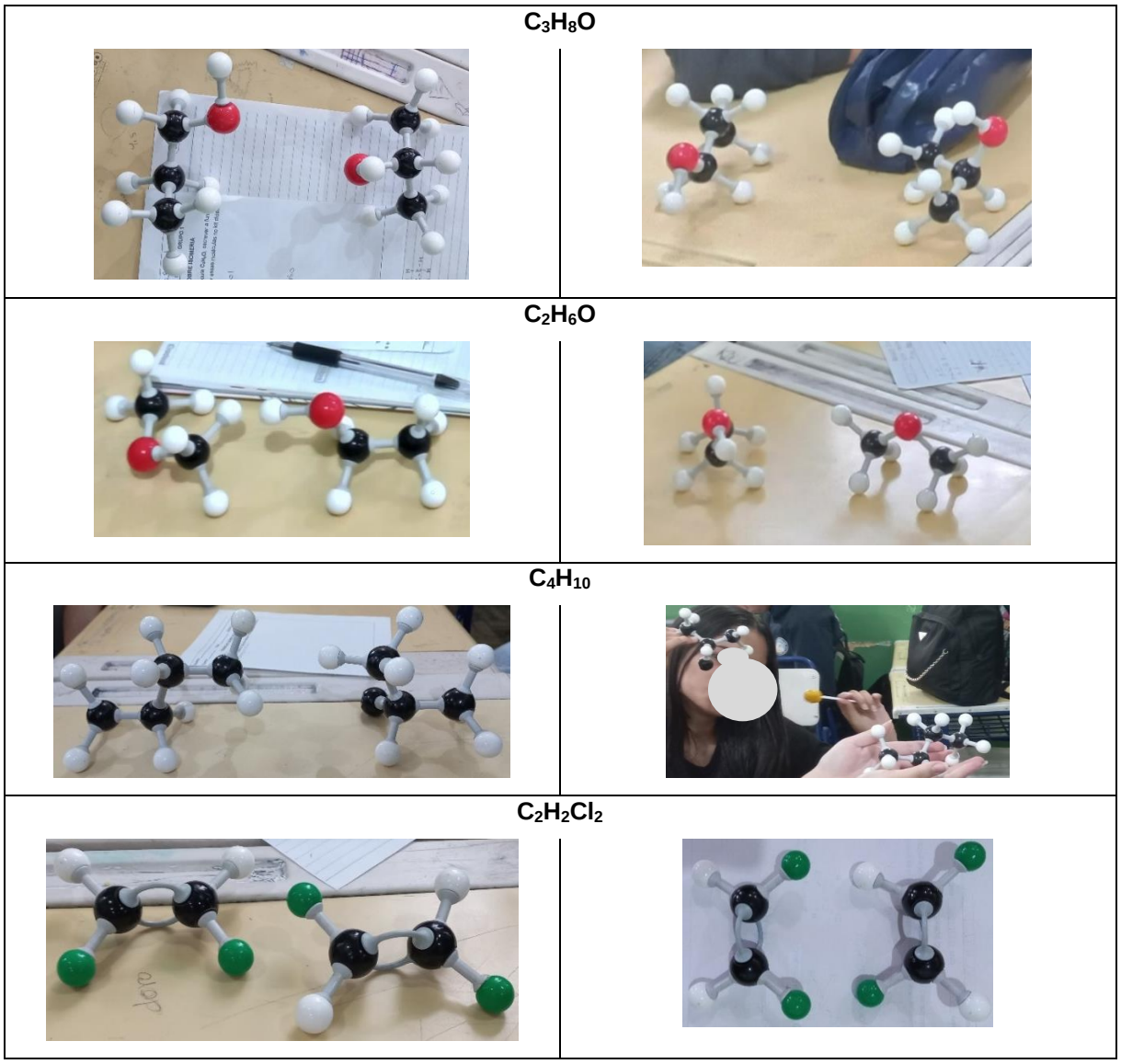
A partir da representação das moléculas do $C_3H_6O_3$, os estudantes sentiram a necessidade de aprofundarem seus conhecimentos sobre estereoquímica, pois a representação em 2D parecia não estar mais dando conta. Para a compreensão das estruturas 3D pelos estudantes, o uso de modelos desempenha um papel fundamental e a próxima etapa foi a montagem das moléculas utilizando o kit didático.

5.2.2 Representação das moléculas em 3D

5.2.2.1 Representação das moléculas com o kit didático

Com as moléculas desenhadas em papel, agora os estudantes utilizaram o kit didático para representar os isômeros. Os grupos manusearam bastante os materiais, fizeram muitas perguntas, tentando montar as moléculas em três dimensões. Na Figura 14, observa-se as representações concluídas.

Figura 14 – Representações dos isômeros das duas turmas pelos Grupos 1 e 2.



Fonte: A autora.

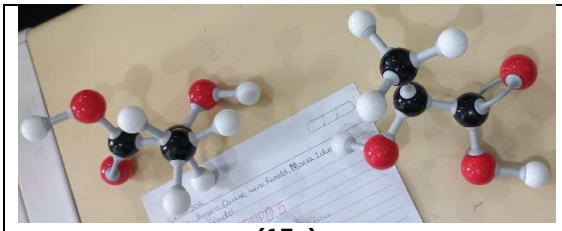
É possível observar que os alunos conseguiram transpor as estruturas para 3D e não tiveram tanta dificuldade após terem as representado em forma 2D. Conforme Dori e Barak (2001), compreender a natureza da matéria, a interpretação de símbolos e a visualização de estruturas espaciais de moléculas são habilidades essenciais dos alunos precisam para resolver problemas de química em geral e de química orgânica, em particular.

Um aluno do grupo 2 da turma 302 disse a seguinte frase, após concluir a atividade: “Que massa, que legal essa molécula!” Essa manifestação demonstra o interesse pela atividade.

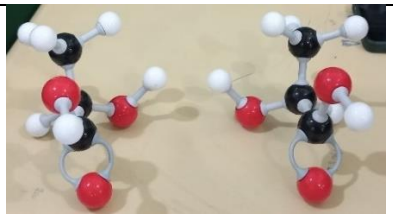
Já o grupo 5 foi o que teve mais dificuldade para montar as estruturas, pois tiveram a tarefa de representar os enantiômeros da molécula $C_3H_6O_3$, os quais possuem a mesma conectividade de átomos e se diferenciam pela configuração absoluta dos substituintes ligados ao carbono assimétrico. Esse entendimento da representação espacial dos átomos ou grupos de átomos consiste em um entrave no ensino de estereoquímica (RAUPP, 2015). Pelo que se identificou neste trabalho, esse entendimento é agravado quando se trata da representação de enantiômeros, visto que os estudantes que representaram os diastereoisômeros do tipo cis e trans conseguiram visualizar os compostos na dimensão 3D.

A dificuldade detectada, em relação à representação tridimensional de enantiômeros, pode ser observada em registros como o de um dos participantes do grupo, que afirmou "*Isso não é possível!*" pois não conseguia compreender visualmente a diferença na posição dos grupos ligados diretamente ao carbono assimétrico. Após muitas perguntas e ajuda, todos os grupos conseguiram concluir a atividade, como é possível observar na Figura 15. Destaca-se que o Grupo da turma 305 (Figura 15b) fez a representação especular dos compostos.

Figura 15 – Representação dos isômeros da molécula $C_3H_6O_3$ das duas turmas do Grupo 5.



(15a)



(15b)

Fonte: A autora.

A próxima etapa do trabalho foi desenhar as moléculas utilizando o aplicativo MolView. Para o entendimento de uma representação molecular em uma tela de computador, os modelos tipo bola e bastão podem ser muito úteis, já que constituem grande parte das representações apresentadas em modelos virtuais (FARIAS, 2014).

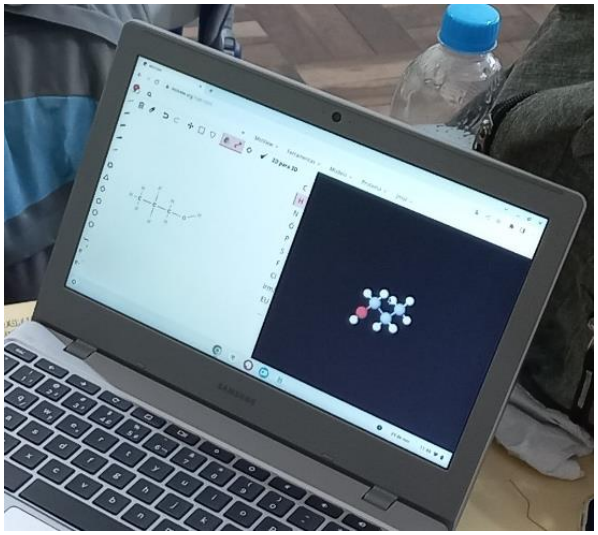
5.2.2.2 Representação das moléculas com aplicativo MolView

A última atividade foi desenhar as moléculas utilizando o aplicativo MolView. Com base nas moléculas montadas com o kit, os estudantes começaram a desenhar as moléculas no aplicativo, o qual é de fácil manuseio, mesmo sendo em inglês. Após

uma breve explicação sobre como utilizar o aplicativo e responder várias perguntas, os estudantes estavam manipulando-o livremente.

Na Figura 16 observa-se o desenho da molécula do propan-1-ol do Grupo 1. Do lado esquerdo da tela do Chromebook, os alunos desenharam a molécula em 2D e, após conferirem e mostrarem para a professora (autora deste TCC), foi solicitado que a estrutura 3D fosse elaborada. Então, o programa converteu a estrutura 2D em uma estrutura 3D manipulável pelos estudantes. É possível interagir com a estrutura criada, fazendo rotações em qualquer sentido.

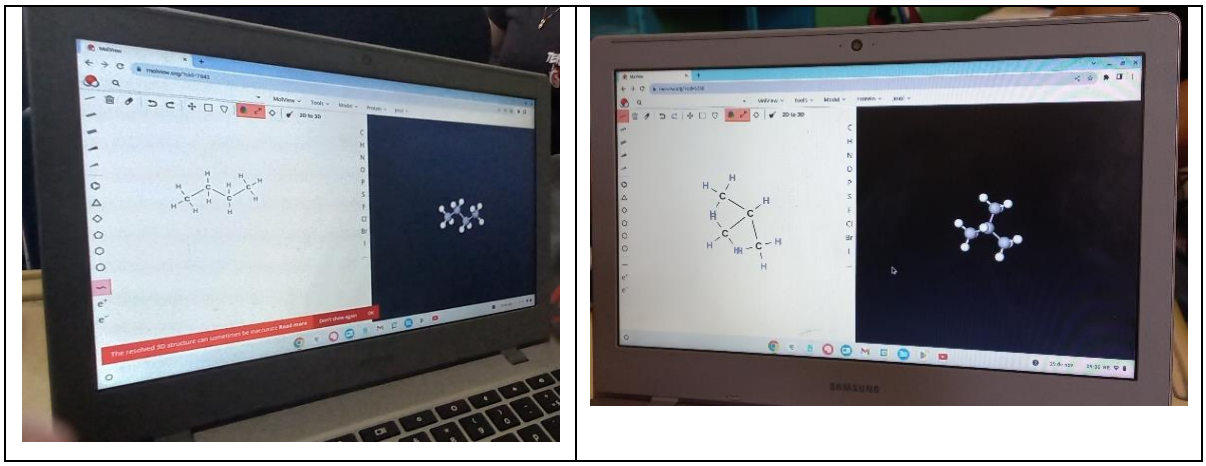
Figura 16 – Desenho da molécula C_3H_8O do Grupo 1.



Fonte: A autora.

Na Figura 17 observam-se as representações dos alunos para a molécula do Grupo 3. Nesse caso, os alunos dos dois grupos tiveram certa facilidade em desenhar os isômeros da molécula C_4H_{10}, visto que o aplicativo possui um ícone para desenhar cadeias de carbonos.

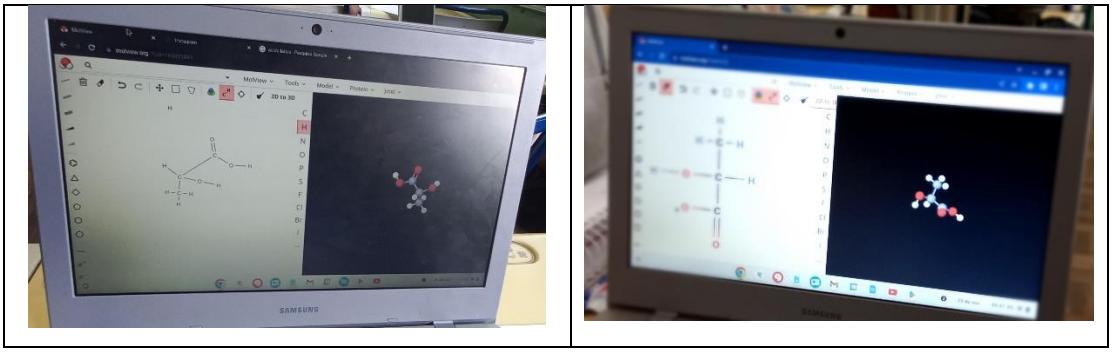
Figura 17 – Desenhos da molécula C_4H_{10} das duas turmas do Grupo 3.



Fonte: A autora.

Na Figura 18 observam-se os desenhos dos alunos para as moléculas do $C_3H_6O_3$ do Grupo 5 das duas turmas. Estes grupos tiveram dificuldades em representar as moléculas dos isômeros em 2D e utilizando o kit didático, conforme relatado. Para representar as moléculas na ferramenta MolView, os alunos das duas turmas continuaram apresentando dificuldade para desenhar em 2D (no lado esquerdo da tela do Chromebook). Após algumas tentativas, os estudantes conseguiram concluir a atividade, e puderam interagir com a representação 3D da molécula formada.

Figura 18 – Desenhos da molécula $C_3H_6O_3$ das duas turmas do Grupo 5.



Fonte: A autora.

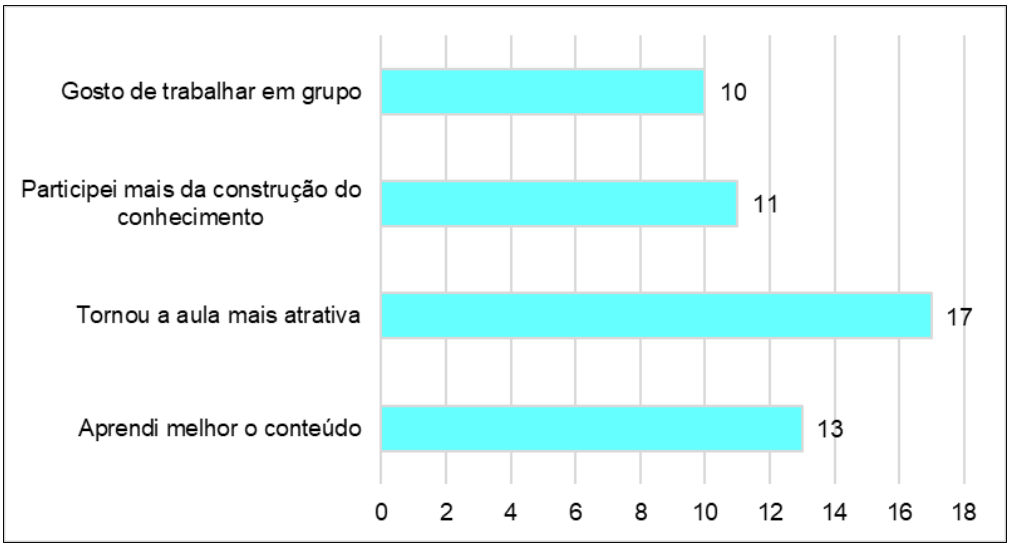
Cabe aqui ressaltar a potencialidade das ferramentas, aplicativos e programas digitais para favorecer a visualização espacial das moléculas pelos estudantes, que facilitam o processo de ensino e aprendizagem. Pesce e King (2023) mostraram que uma ferramenta de modelagem molecular pode ser usada para ajudar os alunos a visualizar moléculas espacialmente e pode ser uma alternativa aos kits de modelos

moleculares tradicionais. O trabalho de Souto (2023) mostra o interesse dos alunos do ensino superior em utilizar filtros de realidade aumentada para visualizar moléculas orgânicas, como sendo uma maneira divertida de assimilar o conteúdo.

5.3 PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE AS ATIVIDADES DE MODELAGEM

O trabalho desenvolvido foi muito bem aceito pelos alunos das duas turmas. Todos informaram ter gostado das atividades e, na Figura 19, é possível observar os motivos da aceitação ao projeto.

Figura 19 – Motivos para aprender sobre Isomeria a partir da construção de modelos moleculares.



Fonte: A autora.

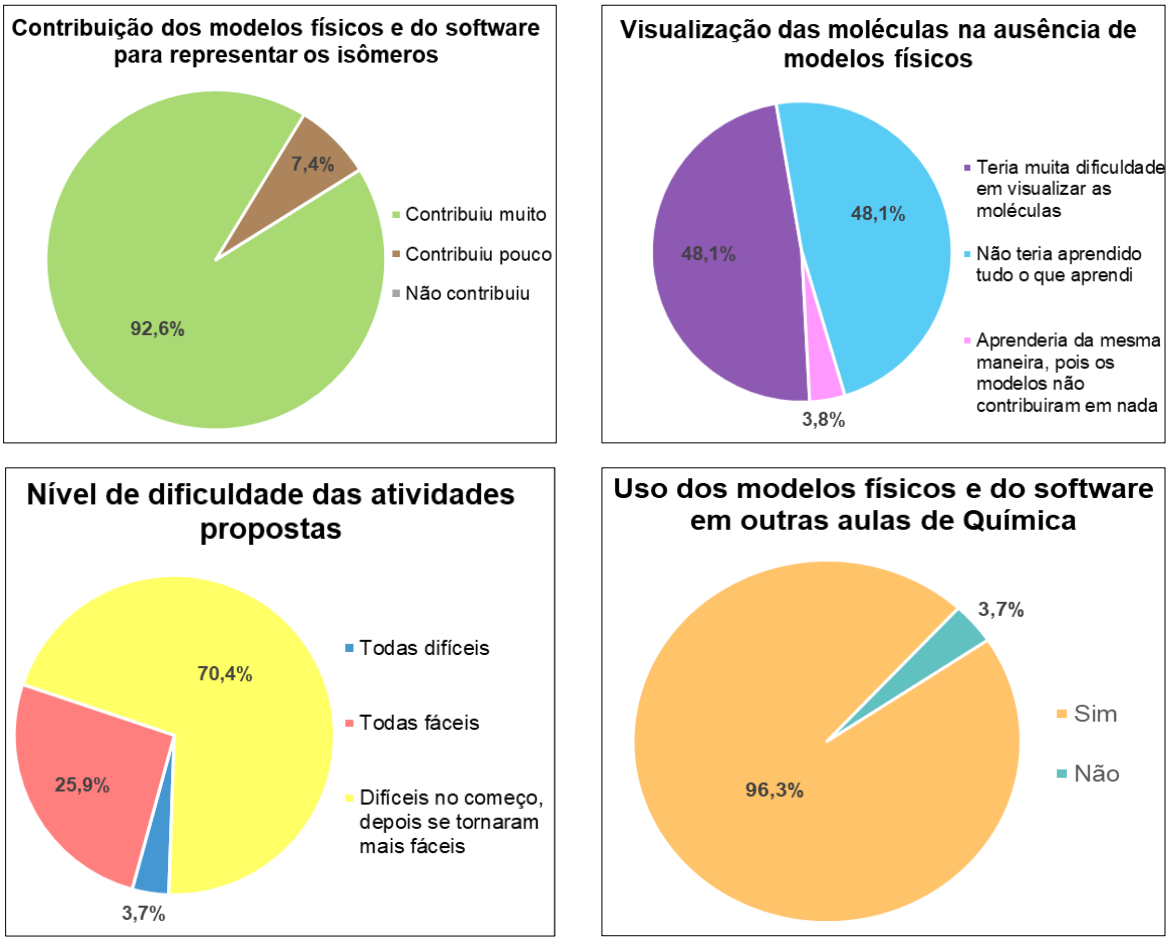
Para 17 respondentes (33,3%), aprender sobre Isomeria a partir da construção de modelos moleculares tornou a aula mais atrativa e 13 (25,5%) puderam aprender melhor o conteúdo.

A utilização dos modelos físicos e do software contribuiu positivamente em vários aspectos da aprendizagem, tornando a aula mais atrativa e proporcionando um melhor aprendizado do conteúdo pelos alunos. Isso pode ser observado em outras pesquisas, as quais os estudantes também afirmam que aprender isomeria fica bem mais simples e fácil, estimulando a atenção dos alunos (SOUZA, 2014). No trabalho de Gomes (2020), os alunos apontaram que modelos tridimensionais ajudaram no

processo de aprendizagem, relatando que "*Ficou uma maneira mais didática e fora do comum o que faz gravar mais a matéria*".

A Figura 20 apresenta a avaliação dos alunos sobre a atividade de modelagem.

Figura 20 – Avaliação dos estudantes sobre a atividade de modelagem.



Fonte: A autora.

Para 92,6% dos alunos, a utilização dos modelos físicos e do software contribuiu muito para a sua aprendizagem sobre isômeros e para 7,4%, deles contribuiu pouco. Portanto, todos os alunos perceberam a importância da utilização dos modelos físicos e do software. Além disso, eles apontaram que, na ausência dos modelos físicos, teriam muita dificuldade em visualizar as moléculas (48,1%) e não teriam aprendido tudo o que aprenderam (48,1%). Somente 3,8% dos alunos "aprenderiam da mesma maneira, pois os modelos não contribuíram em nada".

Em relação ao nível de dificuldade das atividades propostas, é possível observar que, para 70,4% dos alunos, as atividades foram difíceis no começo e depois

se tornaram mais fáceis; 25,9% relataram que as todas as atividades foram fáceis e para 3,7%, todas foram difíceis.

A última pergunta do questionário “Você gostaria que os modelos físicos e o software de modelagem fossem utilizados em outras aulas de Química?” teve 96,3% de respostas positivas.

As respostas referentes à justificativa da última pergunta foram lidas, analisadas e agrupadas, inicialmente, em três categorias (Quadro 3). Destaca-se que não existem “regras” tanto para a nomeação das categorias, quanto para a determinação do número de categorias, essas questões ficam dependentes da quantidade de dados coletados anteriormente.

Na primeira categoria, estão inseridas respostas que destacam que a atividade de modelagem facilitou a aprendizagem sobre isomeria. A segunda categoria engloba respostas que abrangem a facilidade de visualização das moléculas em 2D e 3D. Na última categoria, os alunos citaram que as atividades de modelagem tornaram as aulas mais interessantes e menos entediantes. Observa-se que os estudantes se sentiram satisfeitos e apontaram pontos positivos das atividades, evidenciando a importância do uso de modelagem no ensino de isomeria.

Quadro 3 – Categorização das respostas dos alunos sobre a atividade de modelagem.

Categorias	Respostas
Facilitou a aprendizagem	*- Pois é mais fácil de aprender e ver melhor as moléculas.* *- Torna a aprendizagem mais suave e de fácil entendimento.* *- Porque facilita a aprendizagem e a visão sobre a molécula.* *- A facilitação para aprender essa matéria de química se deu pela visualização que os modelos físicos me permitiram ter. Então, acredito que aprenderia de uma forma mais fácil outras matérias se tivessem os modelos físicos.* *- Sim, pois a utilização de modelos físicos e software de modelagem em outras aulas de Química permite uma melhor compreensão dos conceitos, facilita a visualização das estruturas moleculares e promove a interação dos alunos com o conteúdo, tornando o aprendizado mais dinâmico e efetivo.* *- Fica mais divertido e fácil.* *- Seria bem mais legal e visíveis.* *- Ficaria mais legal para aprender e mais realista.* *- Fica melhor de aprender e entender.* *- Os modelos de software foram um tanto que difíceis de compreender.*
Facilitou a visualização	*- A facilitação para aprender essa matéria de química se deu pela visualização que os modelos físicos me permitiram ter. Então, acredito que aprenderia de uma forma mais fácil outras matérias se tivessem os modelos físicos.* *- A integração de modelos físicos e software de modelagem em outras aulas de Química pode enriquecer a aprendizagem, proporcionando uma compreensão mais prática e visual dos conceitos. Isso pode tornar os tópicos mais acessíveis e interessantes para os alunos.* *- É uma ótima maneira de visualizar o que estamos aprendendo.* *- Fica mais fácil de visualizar o que estamos aprendendo.* *- Eu acho interessante pois podemos tem melhor visão do que estamos vendo e de como são essas moléculas.*
Tornou as aulas mais interessantes e menos entediantes	*- Gostei dessas aulas mais interativas, de uma forma mais descontraída e atrativa de mostrar o conteúdo, poder tocar, montar e desmontar torna a prática muito interessante.* *- Eu amei todas as aulas incríveis.* *- É muito mais interessante usando os modelos físicos e o software de modelagem, assim torna a aula menos entediante para o aluno.* *- Chama mais a atenção do aluno para a aula.* *- Torna a aula mais atrativa e faz com que o aprendizado seja diferente do habitual.* *- Pois iria ficar mais fácil de aprender e chamaria mais atenção dos alunos.* *- A aula de torna-se mais atrativa e legal, e assim tanto a professora quanto o aluno conseguem trabalhar bastante.* *- Sim, porque torna as aulas mais interessante.*

Fonte: A autora.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso verificou as contribuições do uso de modelos físicos e computacionais para o ensino de isomeria com estudantes do nível médio. Em um primeiro momento, buscou-se conhecer o perfil e os interesses dos estudantes e após iniciou-se o desenvolvimento das atividades de modelagem em 2D e 3D.

Inicialmente, foram desenvolvidas atividades com o propósito de investigar o conhecimento prévio dos estudantes em representações químicas em 2D e sobre isomeria. Neste aspecto, verificou-se que a representação dos isômeros ópticos foi a mais desafiadora para os estudantes. Os resultados das atividades de modelagem em 3D e o acompanhamento dos alunos, durante as aulas, fornecem indícios de que eles começaram a desenvolver habilidades de visualização tridimensional de moléculas orgânicas. Sabe-se que essa habilidade não é uma tarefa trivial, visto que envolve um exercício mental e abstrato de posicionamento dos átomos espacialmente, o que foi favorecido com as atividades de modelagem.

Foi também investigada a compreensão dos estudantes sobre isomeria e, em relação às atividades de modelagem, por meio do último questionário, em que eles escreveram as suas percepções sobre as aulas desenvolvidas. Os estudantes destacaram três aspectos positivos sobre as atividades de modelagem: facilita a aprendizagem e a visualização espacial de moléculas orgânicas, bem como tornou as aulas mais interessantes e menos entediantes.

Desta forma, por meio dos resultados obtidos, pode-se afirmar que as atividades de modelagem contribuíram para a construção de conhecimentos a respeito de isomeria e visualização de moléculas orgânicas. Assim, espera-se que essa pesquisa possa vir a contribuir para o ensino na área de Ciências, auxiliando professores e servindo como alternativa para a construção de suas aulas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. G.; ARRIGO, V.; BROIETTI, F. C. D. Interpretações de estudantes do ensino médio a respeito de isômeros planos. **Revista Ciências & Ideias.** v. 10, n. 3, 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. Edital CAPES 06/2018 dispõe sobre a Residência Pedagógica. Disponível em: https://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/01032018Edital-6-2018residencia-pedagogica.pdf.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos.** São Paulo: Moderna,1994.

CORRÊA, G. C. G.; CAMPOS, I. C. P.; ALMAGRO, R.C. Pesquisa-ação: uma abordagem prática de pesquisa qualitativa. **Ensaios Pedagógicos**, Sorocaba, v. 2, n. 1, p. 62-72, 2018.

DORI, Y.J.; BARAK, M. Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. **Educational Technology & Society**, v. 4, n. 1, 61-74, 2001.

FARIAS, F. M. C. de, *et al*. Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar química-matemática no ensino médio. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p.849-863, 2015.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. da S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola.** n. 28, 2008.

FILHO, J. R. M. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio.** 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

FUJIMOTO, S. M. A.; ALTOÉ, A. **O computador na escola: professor de educação básica e sua prática pedagógica**. In: Seminário de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Educação, 2009, Maringá. Anais... Maringá: UEM, 2009.

GOMES, B. R. **Uso de softwares no processo de ensino-aprendizagem de isomeria no contexto da química orgânica**. 2020, 86 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2020.

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

KRAPAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências** (UFRGS), Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 185, 1997.

MACHADO, A. S. Uso de softwares educacionais, objetos de aprendizagem e simulações no ensino de química. **Química Nova na Escola.** v. 38, n. 2, 2016.

MOLVIEW. **About**. Disponível em: https://molview.org/. Acessado em: 12 jan 2024.

OLIVEIRA, R. C. **Uso de modelos moleculares por alunos de ensino médio:** contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos. 2012. 220 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

PESCE, A. M.; KING, D. B. Using a molecular modeling application to introduce structural isomerism. **Journal of Chemical Education.** v. 9, n. 100, p. 3683, 2023.

QUEIROZ, R. O.; LIMA, A. de A. Modelos analógicos utilizados por professores de química no ensino da isomeria (3D). **Experiências em Ensino de Ciências.** v. 18, n. 1, 2023.

RAUPP, D. et al. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 9, n. 1, p. 18-34, 2010.

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, p. 65-78, 2009.

RAUPP, D. T. **Alfabetização tridimensional, contextualizada e histórica no campo conceitual da estereoquímica.** 2015. 243 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

REZENDE, G. A. A.; AMAURO, N. Q.; FILHO, G. R. Desenhando isômeros ópticos. **Química nova na escola.** v. 38, n. 2, 2016.

RODRIGUES, C. R. Processos modernos no desenvolvimento de fármacos: modelagem molecular. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 3, 2001.

ROSA, P. R. S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino de ciências.** UFMS, Campo Grande, 2013.

SANTOS, D. O. Estudo de isomeria por meio de modelos didáticos construídos pelos estudantes. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. v. 8, 6. ed. p. 38-48. 2020.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química orgânica**. v. 1. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SOUTO, A. A. Step by step to make augmented reality for molecular models. **Journal of Chemical Education**. n. 100, p. 941, 2023.

SOUZA, I. G. **A virtualização do 3D como ferramenta de aprendizagem computacional no ensino de isomeria.** 2014. 39 f. Monografia (Especialização em Fundamentos da Educação) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SOUZA, I. M. A.; SOUZA, L. V. A. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. **Fórum Identidades**, Itabaiana, v. 8, n. 4, p. 127-142, 2010.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO INICIAL

Olá estudante!

Gostaria de conhecê-lo(a) melhor. Para isso necessito que responda as seguintes questões com atenção e sinceridade:

1) Qual é a sua idade? *

Texto de resposta curta

2) Você já repetiu de série? *

- ( ) Sim
- ( ) Não

3) Se a resposta anterior foi SIM, em qual(is) série(s)? *

Texto de resposta curta

4) Você trabalha? *

- ( ) Sim
- ( ) Não

5) Se a resposta anterior foi SIM, no que você trabalha? *

Texto de resposta curta

6) O que é **MAIS** interessante na escola para você? *

Texto de resposta curta

7) O que é **MENOS** interessante na escola para você?

Texto de resposta curta

8) Quais são as disciplinas que você mais gosta? Marque no máximo 3. *

- [ ] Português
- [ ] Matemática
- [ ] Química
- [ ] Física
- [ ] Biologia
- [ ] Inglês
- [ ] Educação Física
- [ ] História
- [ ] Geografia
- [ ] Filosofia
- [ ] Literatura
- [ ] Artes
- [ ] Sociologia

9) O que você pretende fazer após terminar o ensino médio? *

Texto de resposta curta

10) Quais são as dificuldades que você tem em Química? *

Texto de resposta longa

11) Você já teve aulas experimentais de Química? *

- ( ) Sim
- ( ) Não

12) Se a resposta anterior foi SIM, do que você mais gostou? *

Texto de resposta longa

13) Você acha que os conteúdos de Química têm papel importante na sua vida? Qual é a importância? *

Texto de resposta longa

14) Quais desses assuntos você gostaria de estudar em Química? Marque no máximo 3. *

- [ ] Medicamentos
- [ ] Análise de rótulos
- [ ] Alimentos
- [ ] Meio ambiente
- [ ] Produtos de higiene e beleza
- [ ] Tecnologias

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO FINAL

Questionário final

Questionário final para avaliar as atividades propostas.

cristina.cordella@gmail.com Alternar conta

Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Qual é a sua turma? *

- ◯ 302
- ◯ 305

2. Você gostou de aprender sobre Isomeria a partir da construção de modelos moleculares? *

- ◯ Sim. Pule para a pergunta 3
- ◯ Não. Pule para a pergunta 4

3. Se você marcou SIM na pergunta 2, qual(is) o(s) motivo(s)? Marque até 2 alternativas.

- [ ] Aprendi melhor o conteúdo.
- [ ] Tornou a aula mais atrativa.
- [ ] Participei mais da construção do conhecimento.
- [ ] Gosto de trabalhar em grupo.

4. Se você marcou NÃO na pergunta 2, qual(is) o(s) motivo(s)? Marque até 2 alternativas.

- [ ] Não gostei das atividades.
- [ ] Não entendi bem o que era para ser feito.
- [ ] Não gosto de atividades diferentes das que temos em sala de aula.
- [ ] Não gosto de trabalhar em grupo.

5. A utilização dos modelos físicos e do software para representar os isômeros contribuiu para a sua aprendizagem? *

- ( ) Contribuiu muito.
- ( ) Contribuiu pouco.
- ( ) Não contribuiu.

6. Na ausência dos modelos físicos, você acha que: *

- ◯ Teria muita dificuldade em visualizar as moléculas.
- ◯ Não teria aprendido tudo o que aprendi.
- ◯ Aprenderia da mesma maneira, pois os modelos não contribuíram em nada.

7. As atividades propostas utilizando os modelos físicos e o software de modelagem foram: *

- ◯ Todas difíceis.
- ◯ Todas fáceis.
- ◯ Difíceis no começo, depois se tornaram mais fáceis.

8. Você gostaria que os modelos físicos e o software de modelagem fossem utilizados em outras aulas de Química? *

- ◯ Sim
- ◯ Não