



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**

EDERSON VINÍCIUS ARGEMIRO

**ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO
DA MODALIDADE HÍBRIDA**



**UBERABA – MG
2023**

EDERSON VINÍCIUS ARGEMIRO

**ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO
DA MODALIDADE HÍBRIDA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Rede/PROFQUI, área de concentração Química, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Linha de Pesquisa: Uso de tecnologias digitais e Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rossi

Coorientador: Prof. Dr. Evandro Roberto Alves

**UBERABA – MG
2023**

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

A735a	<p>Argemiro, Ederson Vinícius Abordagem do conteúdo de isomeria no ensino médio por meio da abordagem híbrida / Ederson Vinícius Argemiro. -- 2023. 140 f. : il., graf., tab.</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2023 Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rossi Coorientador: Prof. Dr. Evandro Roberto Alves</p> <p>1. Isomerismo. 2. Ensino híbrido. 3. Comunicação na tecnologia. 4. WhatsApp (Aplicativo de mensagens). 5. Química (Ensino médio). I. Rossi, Alexandre. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.</p> <p>CDU 544.12(37):004.773.6</p>
-------	--

EDERSON VINICIUS ARGEMIRO

**ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DA
MODALIDADE HÍBRIDA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação (ICENE/UFTM), Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFTM-Uberaba), como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

Linha de pesquisa: LP1 - Novas tecnologias e comunicação

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rossi

Coorientador: Prof. Dr. Evandro Roberto Alves

Uberaba, 23 de junho de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Rossi – Orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof^ª. Dr^ª. Ana Claudia Granato Malpass
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Profª. Drª. Ana Paula Almeida Saldanha Silva Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo



Documento assinado eletronicamente por **ANA CLAUDIA GRANATO MALPASS, Professor do Magistério Superior**, em 23/06/2023, às 11:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE ROSSI, Professor do Magistério Superior**, em 23/06/2023, às 11:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA ALMEIDA SALDANHA SILVA SANTOS, Usuário Externo**, em 23/06/2023, às 11:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.uftm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1020801** e o código CRC **8E4EA2ED**.

Dedico esta dissertação à minha esposa Élide, que sempre me apoiou e buscou entender a minha ausência, quer seja por conta dos estudos ou mesmo no exercício da minha profissão;

Aos meus filhos Heitor e Laura, que por vezes a eles foram negados momentos de diversão, devido à minha ausência;

À minha mãe Olinda, por sempre me mostrar o caminho do bem, diante de todas as dificuldades que enfrentamos, sempre me mostrando que o único caminho a ser seguido seria o caminho dos estudos;

Ao meu pai, Francisco pelo bom exemplo que sempre me foi dado;

À minha tia Maria Aparecida e minha madrinha Elza (*In memoriam*), que também foram fonte de inspiração para que eu continuasse sempre buscando o conhecimento;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação como pessoa e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus que na sua infinita bondade, me concedeu o privilégio de participar como discente do Mestrado Profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI-UFTM), dando-me também forças para seguir em frente sempre, diante dos vários obstáculos durante essa jornada. A Ele toda Honra e Toda Glória!

Ao meu orientador Professor Dr^o Alexandre Rossi e ao meu coorientador Professor Dr^o Evandro Roberto Alves, pela confiança, incentivo, apoio, sempre disponíveis e acessíveis em todas as vezes que precisei, e que nunca mediram esforços na busca em me ajudar a ser um profissional muito mais preparado do que antes do meu ingresso no PROFQUI-UFTM, sendo fundamentais para a conclusão do meu mestrado.

Agradeço aos demais professores do PROFQUI, que forneceram todas as bases necessárias para a realização desta pesquisa. Sou imensamente grato e os admiro profundamente.

Ao Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação (DQ-ICENE/UFTM), pela infraestrutura para desenvolvimento da pesquisa;

A todo o grupo do PROFQUI-UFTM, em especial a secretária Luciana pelo apoio ao longo do período de mestrado;

Aos colegas de Mestrado Karlos, Adelaide, Nathália e Roberta pelas suas amizades e horas de companhia nos estudos.

RESUMO

O conteúdo de isomeria tem sido apontado pelos alunos do Ensino Médio como um dos mais complexos e desafiadores em termos de aprendizagem. Isso se deve ao fato de que a compreensão envolve análises abstratas de estruturas moleculares e necessita de conhecimentos químicos prévios como, por exemplo, ligações químicas, geometria molecular, quiralidade em compostos orgânicos. Buscando-se minimizar esse problema, este trabalho de pesquisa teve como objetivo aplicar e avaliar a abordagem pedagógica baseada no modelo educacional do Ensino Híbrido, a fim de tornar o ensino de isomeria mais efetivo, atrativo, de forma a permitir uma maior participação dos alunos na construção do próprio conhecimento. Mais especificamente, foram trabalhados os conteúdos de isomeria constitucional, geométrica e óptica por meio de uma sequência didática. Dentre os modelos existentes do Ensino Híbrido, foi aplicado o de Rotação, priorizando os submodelos da sala de aula invertida e da rotação por estações. Como ferramenta digital mediadora e de apoio ao Ensino Híbrido, foi criado um grupo no aplicativo *WhatsApp* denominado “Isomeria”, oferecendo trocas de mensagens instantâneas em conexão à *internet* entre alunos e professor. As videoaulas disponibilizadas aos alunos para realização dos estudos *on-line* e na perspectiva da sala de aula invertida foram hospedadas no aplicativo *Edpuzzle*. Esse aplicativo permitiu o monitoramento do professor pesquisador quanto à visualização das videoaulas por parte dos alunos. As atividades desenvolvidas para serem aplicadas nas estações por rotação e nas avaliações do ensino exigiram investigação, planejamento, gestão e que combinasse o ensino presencial com o *on-line*. Participaram da pesquisa alunos do 2º Ano do curso técnico em Química de uma Escola Técnica Estadual, localizada na área rural do município de Igarapava/SP. O conteúdo sobre isomeria foi contextualizado aos alunos, abordando a sua importância nos estudos de compostos orgânicos e com relação à produção de medicamentos, podendo levar a consequências indesejáveis como, no caso do fármaco Talidomida, provocando o efeito teratogênico em recém nascidos. O ensino de isomeria (constitucional, geométrica e óptica) foi avaliado por meio de aplicação de questionários contendo questões extraídas de exames de vestibulares e aplicadas pelo *Google Forms*. As análises realizadas a partir dos questionários aplicados mostraram que a abordagem híbrida proporcionou aprendizagem aos alunos, sendo construídos os conhecimentos de uma maneira mais autônoma, ativa e participativa. A partir da avaliação da abordagem híbrida aplicada ao ensino de isomeria, os alunos tiveram uma boa aceitação, apesar de no início do desenvolvimento das atividades de pesquisa ter havido uma certa dificuldade de adesão à atividade da sala de aula invertida. No que se refere ao uso dos aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle*, os alunos consideraram ser de fácil manuseio, boa disponibilidade) e adequados aos estudos de isomeria.

Palavras-chave: Isomeria. Ensino híbrido. *WhatsApp*. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Ensino de Química.

ABSTRACT

The content of isomerism has been identified by high school students as one of the most complex and challenging in terms of learning. This is due to the fact that understanding involves abstract analysis of molecular structures and requires prior chemical knowledge such as chemical bonding, molecular geometry, and chirality in organic compounds. In order to minimize this problem, this research work aimed to apply and evaluate the pedagogical approach based on the blended learning model, in order to make the teaching of isomerism more effective, engaging, and enable greater student participation in knowledge construction. Specifically, the contents of constitutional, geometric, and optical isomerism were addressed through a didactic sequence. Among the existing models of blended learning, the rotation model was applied, prioritizing the submodels of flipped classroom and station rotation. As a digital tool to mediate the blended learning, a *WhatsApp* group called "Isomerism" was created, offering instant messaging exchanges over the *internet* between students and the teacher. The video lessons provided to students for online study and in the flipped classroom perspective were hosted on the *Edpuzzle app*. This app allowed the researcher teacher to monitor students' viewing of the video lessons. The activities developed to be implemented in the rotation stations and in the assessments required investigation, planning, management, and a combination of face-to-face and online teaching. The research involved students from the 2nd year of a Chemistry technical course at a State Technical School located in the rural area of the municipality of Igarapava, São Paulo. The content on isomerism was contextualized for students, addressing its importance in the study of organic compounds and its relevance to drug production, which can lead to undesirable consequences such as the case of the drug Thalidomide, causing teratogenic effects in newborns. The teaching of isomerism (constitutional, geometric, and optical) was evaluated through the application of questionnaires containing questions extracted from college entrance exams and administered through *Google Forms*. The analyses carried out based on the applied questionnaires showed that the hybrid approach provided learning for the students, and knowledge was constructed in a more autonomous, active, and participatory manner. From the evaluation of the hybrid approach applied to the teaching of isomerism, the students had a positive acceptance, although at the beginning of the research activities, there was some difficulty in adopting the flipped classroom activity. Regarding the use of *WhatsApp* and *Edpuzzle apps*, the students found them easy to use, readily available, and suitable for the study of isomerism.

Keywords: Isomerism, Blended teaching, *WhatsApp*, Digital Information and Communication Technologies, Teaching-learning in Chemistry.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	As tecnologias digitais de informação e comunicação e a educação	10
1.2	O ensino híbrido ou <i>blended learning</i>	11
1.3	Uso do aplicativo <i>WhatsApp</i> como ferramenta digital e didática no ensino híbrido.....	15
1.4	Isomeria	17
1.4.1	Isomeria: Conceituação Teórica	18
1.4.2	Isomeria óptica: Breve histórico e atualidade	22
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	Objetivo geral	25
2.2	Objetivos específicos.....	25
3	JUSTIFICATIVA	26
4	METODOLOGIA	27
4.1	Atividades desenvolvidas na pesquisa.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Termo de anuência da escola e perfil dos alunos.....	37
5.2	Cadastro dos alunos nos aplicativos <i>WhatsApp</i> e <i>Edpuzzle</i>	41
5.3	Isomeria constitucional	43
5.4	Isomeria geométrica	47
5.5	Contextualizando o ensino de isomeria óptica.....	52
5.6	Avaliação da abordagem pedagógica empregada (ensino híbrido), do uso do <i>WhatsApp</i> e da experimentação realizada.....	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS	65
	ANEXO.....	71
	APÊNDICE A - Questionário A - Levantamento de Perfil dos Alunos	72
	APÊNDICE B - Questionário B - Isomeria Constitucional.....	73
	APÊNDICE C - Questionário C - Isomeria Geométrica	76
	APÊNDICE D - Questionário D - Isomeria Óptica	78
	APÊNDICE E - Questionário E - Avaliação da Pesquisa	81
	APÊNDICE F – Produto Educacional.....	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 As tecnologias digitais de informação e comunicação e a educação

A pandemia da Covid-19 trouxe inúmeras modificações em nosso cotidiano, por conta das medidas sanitárias e de distanciamento social. Um dos setores mais afetados foi o da educação, de modo que as atividades pedagógicas presenciais foram suspensas e os órgãos reguladores nacionais indicaram a continuidade do ano letivo, por meio de atividades remotas (RONDINI; PEDRO; DUARTE, 2020). De acordo com Rondini *et al.* (2020), a literatura aponta que esse período desafiador pode ter sido promissor para a inovação da educação, considerando-se que os professores e alunos enfrentaram mudanças em relação ao modelo tradicional com aulas expositivas, dando espaço para que o aluno possa se tornar o principal responsável pelo próprio aprendizado.

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação/TDIC podem ser ressignificadas, vindo a ocupar um espaço importante no processo de ensino e aprendizagem, em todos os níveis de ensino (AVELINO; MENDES, 2020; BARRETO; ROCHA, 2020; MARTINS, 2020). As TDIC podem ser utilizadas na busca da informação de que o aluno necessita, por serem consideradas como um dos mais eficientes recursos para o acesso à informação de modo rápido (SCHUARTZ; SARMENTO, 2020). Os alunos dedicam grande parte do seu tempo acessando e transmitindo informações pelas redes sociais, tornando imprescindível que o processo de ensino e aprendizagem também acompanhe esse comportamento (LORENZO, 2013). Diante desse fato, as TDIC têm sido ferramentas cada vez mais utilizadas na construção da aprendizagem (MIRANDA, 2007; HUNG *et al.*, 2015). No âmbito educacional, o uso das TDIC é mencionado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio (BRASIL, 2000) como proposta de utilização nas escolas, visando estabelecer competências e habilidades em comunicação, na avaliação dos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social. A utilização de TDIC é também recomendada no documento Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio. Nesse documento, espera-se que os alunos aprendam a estruturar linguagens argumentativas que lhes permitam comunicar conhecimentos produzidos e propostas de intervenções pautadas em conhecimentos científicos, princípios éticos e responsáveis direcionados para diversos públicos, em contextos variados e utilizando diferentes TDIC (BRASIL, 2017). Em conformidade com a própria natureza da área de Ciências da Natureza

no Ensino Médio, a BNCC propõe que os alunos aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito das tecnologias, tanto no que concerne aos seus meios de produção e seu papel na sociedade atual, como também em relação às perspectivas futuras de desenvolvimento tecnológico (BRASIL, 2017).

Ainda no que diz respeito à educação, as TDIC têm se apresentado como ferramentas muito úteis e estão à disposição de professores, de modo que podem e devem potencializar a aproximação e a aplicação de metodologias ativas para a melhoria no processo de ensino e aprendizagem (FERRARINI *et al.*, 2019). Uma modalidade de educação que pode muito contribuir com o ensino e aprendizagem e que alia o uso das TDIC é o Ensino Híbrido (BORBA; PENTEADO, 2010). A concepção do Ensino Híbrido e as suas diferentes modalidades são apresentadas a seguir.

1.2 O ensino híbrido ou *blended learning*

O Ensino Híbrido é uma abordagem pedagógica que combina as atividades presenciais com aquelas realizadas por meio das TDIC. (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015).

Os autores Christensen, Staker e Horn (2013), baseados no documento intitulado “Ensino Híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos”, trouxeram uma definição bastante ampla do Ensino Híbrido, também denominado de *blended learning*, além de apresentarem diferentes modelos ou formas de aplicação. O Ensino Híbrido foi considerado pelos autores como um programa de educação formal, no qual o aluno aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino *on-line* e tem o controle próprio sobre o tempo, modo e/ou ritmo do estudo. A metodologia busca convergir os ensinamentos presencial e à distância, extraindo o que há de melhor em cada uma destas modalidades. Nos estudos conduzidos *on-line* é considerada a autonomia do aluno em estabelecer quando, onde e com quem vai estudar. Ainda, os conteúdos e as instruções devem ser planejados e elaborados pelo professor especificamente para a disciplina. Nas atividades à distância, comumente são utilizados vídeos extraídos de plataformas como *Khan Academy*, *TED Talks* e *YouTube*, ou também podem ser criados pelo próprio professor, entretanto, são visualizados pelos alunos antes das aulas presenciais (BERGMANN; SAMS, 2012; HAMDAN *et al.*, 2013; MORAN; MILSON, 2015). As atividades podem ser também realizadas por meio de textos, *podcasts* e apresentações em *Power Point*, permitindo que professores ensinem conteúdos em um menor intervalo de tempo e de maneira eficiente, quando comparado ao modelo tradicional de ensino

(MASON; SHUMAN; COOK, 2013). A parte presencial deve necessariamente ter a supervisão do professor, valorizar as interações interpessoais e abordar as atividades trabalhadas de forma *on-line*, proporcionando um processo de ensino e aprendizagem mais relevante, interessante e personalizado.

O Ensino Híbrido tem sido utilizado na Educação Básica e Superior, principalmente nos Estados Unidos e Canadá (VALENTE, 2014). No portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (www.periodicos.capes.gov.br) foram encontrados, nos últimos dez anos, 415 trabalhos publicados, por meio da consulta que considerou o termo de busca *blended learning* combinado com a palavra *chemistry*. Esses resultados mostram que a aplicação do Ensino Híbrido no processo de ensino de Química é uma realidade e tem se tornado uma das principais tendências na área educacional, principalmente, após o período de enfrentamento da pandemia causada pela COVID-19.

De acordo com Christensen, Staker e Horn (2013) e Bacich (2016), o Ensino Híbrido apresenta quatro (04) principais modelos, que são categorizados como:

- 1. Modelo de Rotação** - em um curso ou disciplina, os alunos revezam diferentes tipos de atividades de ensino, seguindo um roteiro fixo a critério do professor, sendo que pelo menos uma atividade é realizada *on-line*.

Outros tipos de atividades podem incluir tarefas em grupos pequenos ou turmas completas, tutoria individual e trabalhos escritos. O modelo de Rotação tem quatro submodelos: a) Rotação por Estações, b) Laboratório Rotacional, c) Sala de Aula Invertida e d) Rotação Individual. Para melhor compreensão desses submodelos, seguem suas descrições:

- a) Rotação por Estações** - proporciona ao aluno a possibilidade de circular dentro da sala de aula pelas diferentes estações de atividades, sendo uma delas a estação de aprendizagem *on-line*, outra de desenvolvimento de projeto, trabalho em grupo ou de interação com o professor. O submodelo de rotação por estações tem sido chamado de Rotação de Turmas ou Rotação em Classe.
- b) Laboratório Rotacional** – o aluno circula em diferentes espaços no ambiente escolar, sendo um deles o laboratório de informática, no qual se realizam as atividades *on-line* ou em laboratórios científicos para o desenvolvimento de práticas específicas.

- c) **Sala de Aula Invertida** - a rotação ocorre entre as atividades supervisionadas pelo professor no ambiente escolar e na residência ou em outra localidade fora da escola para aplicação do conteúdo e atividades *on-line*.
 - d) **Rotação Individual** - difere dos outros modelos de Rotação, pelo fato de que cada aluno ter um roteiro individualizado e, não necessariamente, participa de todas as estações ou atividades disponíveis.
2. **Modelo Flex** - é aquele em que o ensino *on-line* é considerado a espinha dorsal do aprendizado do aluno, mesmo que o modelo direcione para a execução de atividades que não necessitem de *internet* em alguns momentos. Os alunos seguem um roteiro fluido e adaptado individualmente e o professor está na mesma localidade.
 3. **Modelo A La Carte** - os alunos participam de um ou mais cursos integralmente *on-line* junto com o professor e, ao mesmo tempo, continuam vivenciando o modelo tradicional de ensino. Os alunos podem participar dos cursos *on-line* nas unidades físicas ou fora delas.
 4. **Modelo Virtual Enriquecido** - é uma experiência de escola integral em que os alunos realizam parte das tarefas na unidade escolar e a outra parte como ensino remoto.

O modelo de rotação e seus submodelos seguem mais o entendimento da concepção do Ensino Híbrido (Zona Híbrida), uma vez que buscam compartilhar os benefícios ofertados na sala de aula física e no ensino *on-line* (Figura 1). Os modelos Flex, A La Carte, Virtual Enriquecido e de Rotação Individual desenvolvem-se de modo mais disruptivo em relação ao sistema tradicional de ensino (CHRISTENSEN; STAKER; HORN, 2013).

Figura 1 - Modelos Híbridos e a Zona híbrida.



Fonte: Christensen; Staker e Horn (2013) modificada.

Vale ressaltar que o Ensino Híbrido pode ser aplicado pelo professor a uma turma de alunos de maneira a utilizar um ou mais submodelos inseridos na zona híbrida de ensino. Não há uma ordem estabelecida para a aplicação e desenvolvimento desses submodelos e nem hierarquia entre cada um (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015). A aplicação de qualquer submodelo e a combinação entre cada um, vem de encontro com às necessidades preestabelecidas durante a prática docente, ficando a cargo do professor decidir quais seriam adequados e aplicados em sua prática educacional.

O Ensino Híbrido pode beneficiar o processo de ensino e aprendizagem oportunizando experiências riquíssimas. Enfield (2013) relatou que os alunos se sentiram mais confiantes para aprender de forma independente. Lima-Júnior *et al.* (2017) notaram melhoria significativa no rendimento escolar e na aprovação dessa metodologia pela maioria dos alunos da disciplina Química, em uma turma do 3º ano do Ensino Médio.

As vantagens da aplicação de sala de aula invertida estão relacionadas, principalmente, à identificação e atendimento das necessidades individuais de aprendizagem dos alunos. O conteúdo de um vídeo pode ser revisto, caso não seja completamente compreendido. Além disso, a metodologia permite o contato com a tecnologia digital (BERGMANN, SAMS, 2012) e oportuniza diferentes estilos de aprendizagem (MASON, SHUMAN, COOK, 2013). Herreid e Schiller (2013) relataram sobre a dedicação de tempo para o preparo das videoaulas, orientação dos alunos e elaboração de estratégias para a construção de conhecimentos, demandando melhor preparo profissional do professor. Os mesmos autores também descreveram sobre a preocupação em relação ao conteúdo a ser ministrado além do professor, ficando sob a responsabilidade dos alunos. Ainda, discutiram as dificuldades para a implantação da metodologia, enfatizando que a maioria dos alunos brasileiros não estão acostumados a serem autônomos no momento da aprendizagem (MARTINS *et al.*, 2019).

1.3 Uso do aplicativo *WhatsApp* como ferramenta digital e didática no ensino híbrido

No contexto do desenvolvimento e uso das TDIC, as relações sociais e educacionais sofreram mudanças nos modos de viver, conviver e se comunicar (LÉVY, 1999; MOREIRA; TRINDADE, 2017). Os efeitos dessas mudanças no âmbito educacional, confrontam o modelo tradicional sobre o ensinar e aprender, baseado na comunicação unilateral entre professor e seus alunos (APARICI, 2012). Deste modo, as diferentes redes sociais e aplicativos de fácil acesso nos dispositivos móveis como *tablets* e celulares, fazem parte do cotidiano de grande parte dos alunos e não podem mais ser desconsiderados nos espaços escolares, mas devem ser apropriados por professores nas atividades de ensino, aliadas à prática docente para além dos muros escolares (COUTINHO *et al.*, 2016; ALVES *et al.*, 2019), uma vez que ensinar possibilita a ação criativa dos alunos (FREIRE, 1996).

De acordo com Porto (2017), a sociedade vivencia cada vez mais um contexto *on-line* e mostra-se dependente de tecnologias, aplicativos e *internet*. Esse fato permite o alcance de novos horizontes e possibilidades de aplicação do Ensino Híbrido no processo de ensino e aprendizagem, pelo fato dessa metodologia necessitar de um aporte tecnológico digital de informação e comunicação para implementar o aprendizado *on-line*.

O avanço das TDIC e o acesso à *internet*, muito tem auxiliado o uso de dispositivos móveis como *tablets*, celulares contendo o aplicativo gratuito *WhatsApp* no âmbito educacional (AMRY, 2014; SCHIEHL; MARTINS; SANTOS, 2017; SUSILAWATI;

SUPRIYATNO; 2020). O *WhatsApp* é um dos recursos relevantes que pode melhorar a comunicação em ambientes educacionais, por se tratar de um aplicativo gratuito e mais popular em mais de 140 países, com uso cada vez maior entre os usuários brasileiros (RODRIGUES, 2015). A comunicação é instantânea e o aplicativo permite a troca de mensagens via *internet* por meio de um aparelho celular ou *tablet*, apresentando também interface para computadores, por meio do *WhatsApp* (SCHIEHL; MARTINS; SANTOS, 2017). O uso do *WhatsApp* facilita o desenvolvimento de trabalhos em grupos e o compartilhamento de documentos em diferentes formatos (pdf; docx; xlsx, etc). Possui vários recursos (atrativos), tais como a câmera que permite capturar e enviar fotos, a galeria de armazenamento de fotos, a agenda para inserir contatos, o áudio para enviar as mensagens de voz, os mapas para as coordenadas de localização e o envio de documentos como arquivos (KURNIAWATI; MAOLIDA; ANJANIPUTRA, 2018). Ainda como recurso, permite a formação de grupos de discussão, podendo acomodar até 256 participantes. Seus membros podem compartilhar discussões e informações *on-line* neste espaço virtual, (SUSILAWATI; SUPRIYATNO, 2020). Os grupos de *WhatsApp* têm benefícios pedagógicos, sociais e tecnológicos, e permitem que seus usuários compartilhem ideias e recursos de aprendizagem e apoiem discussões *on-line* (AMRY, 2014).

O aplicativo *WhatsApp* tem um grande potencial como ferramenta digital de ensino aprendizado e tem sido usado, tanto na Educação Básica, quanto na Superior (SUSILAWATI; SUPRIYATNO, 2020). Outros benefícios de se utilizar o aplicativo *WhatsApp* são a facilidade de uso e a viabilização da aprendizagem colaborativa *on-line* entre professores e alunos, se mostrando portanto, ser um aplicativo adequado para ser aplicado no processo de ensino e aprendizagem (ALVES *et al.*, 2019) e, segundo Coutinho *et al.* (2016), pode ser ampliado para além da comunicação e entretenimento, permitindo um avanço no campo da Educação.

Buscando-se avaliar as potencialidades do uso do *WhatsApp* como ferramenta pedagógica no ensino de Química, para uma turma do 2º Ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre, Paczkowski e Passos (2019) identificaram que as atividades desenvolvidas com o uso do aplicativo, possibilitaram a troca de vídeos, informações e discussões acerca do conteúdo estudado em sala de aula. Neste sentido, fortaleceram as interações entre alunos e professor na construção do conhecimento. Barboza (2017) investigou o ensino de Química em nível médio, utilizando o aplicativo *WhatsApp* em uma escola pública do município de Cerro Grande/RS, tendo notado uma percepção positiva dos alunos, os quais relataram o uso do aplicativo como um facilitador da aprendizagem, além de proporcionar maior interação entre os colegas de sala. Segundo Cunha (2018), os resultados

obtidos pelo uso do *WhatsApp* por professores de Biologia e Ciências mostraram ser um espaço de pesquisas, compartilhamento de materiais de estudos, esclarecimento de dúvidas, estreitamento das relações interpessoais, além de ter contribuído positivamente para o processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, o *WhatsApp* apresenta um grande potencial para estabelecer relações entre o ensino presencial e o *on-line*, além de ser um aplicativo útil para fins de comunicação, razão pela qual, optou-se por utilizá-lo como ferramenta digital para o auxílio no processo de ensino e aprendizagem de isomeria.

Deve-se ressaltar que, apesar das TDIC serem realidade em nossa sociedade contemporânea, e permanecerem sobre as áreas do conhecimento, quando o uso se dá no âmbito educacional, devemos considerar as ponderações de Fiorentini e Lorenzato: (2006, p. 46).

(...) parece haver uma crença, entre alguns responsáveis pelas políticas educacionais, de que as novas tecnologias da informação e comunicação são uma panaceia para solucionar os males da educação atual. [...] se, de um lado pode ser considerado relativamente simples equipar as escolas com essas tecnologias, de outro, isso exige profissionais que saibam utiliza-las com eficácia na prática escolar (FIORENTINI e LORENZATO, 2006, p. 46).

Portanto, a observação se faz pertinente, entendendo não ser demais reforçar que na presente discussão, não se pretende inserir as TDIC como solução para os problemas educacionais. Reconhece-se, entretanto, que se trata de recursos que podem favorecer a criação de espaços mais significativos e atrativos para a construção de conhecimentos (MAIA; BARRETO, 2012).

1.4 Isomeria

O estudo da isomeria é de fundamental importância, visto que compostos de mesma fórmula molecular podem apresentar diferentes fórmulas estruturais, originando diversos compostos orgânicos com propriedades físicas e químicas distintas. A indústria farmacêutica e órgãos regulatórios importantes como a *U.S. Food and Drug Administration/FDA/EUA* e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Anvisa/Brasil têm grande interesse nesses estudos, visto que se um composto químico for quiral ou assimétrico, esse pode apresentar isômeros com propriedades farmacológicas diferentes, como é o caso do agente antiinflamatório ibuprofeno, no qual apenas um dos isômeros é efetivo. Embora o organismo converta lentamente um isômero em outra forma isomérica efetiva, o medicamento baseado somente

no que é efetivo apresenta um efeito mais rápido do que se ambos estivessem misturados (SOLOMONS; FRYHLE, 2012). Outro exemplo importante é o do medicamento Talidomida e os seus efeitos adversos no desenvolvimento de fetos durante a gestação. As experiências vividas e domínio dos conhecimentos químicos sobre a isomeria objetivam não mais repetir tragédias, como o caso da talidomida. Diante do exposto, consideramos a isomeria como um conteúdo de extrema importância a ser tratado no ensino de Química.

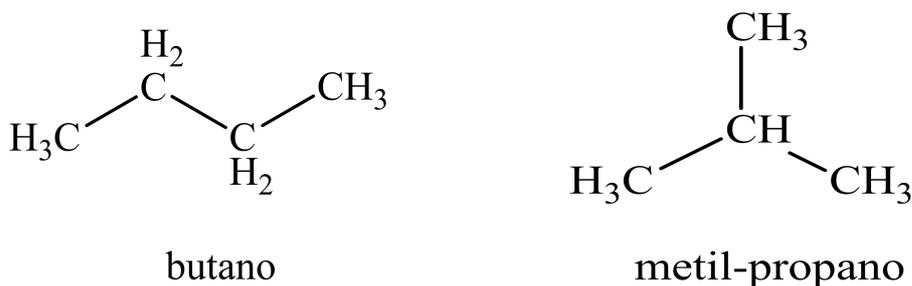
1.4.1 Isomeria: Conceituação Teórica

O conceito de Isomeria data de 1830, quando Berzelius fazia uma síntese orgânica e observou a existência de compostos químicos que apresentavam a mesma fórmula molecular, porém com propriedades físicas e químicas completamente distintas. Berzelius denominou estes compostos como isômeros (do grego iso = mesmo e meros = parte, partes iguais). Com o auxílio do químico alemão Liebig, que em 1824 já havia identificado o fenômeno da isomeria, Berzelius propôs uma explicação para o fenômeno, propondo que esses compostos apresentavam a mesma composição de elementos químicos, mas, a disposição quanto aos átomos desses elementos era diferente em cada composto (FONSECA, 2001). Esse fenômeno está relacionado à existência de dois ou mais compostos químicos com fórmulas e massas moleculares idênticas, mas com propriedades diferentes. A descoberta da isomeria mostrou que as propriedades das substâncias químicas não dependem unicamente de sua composição, mas também do arranjo espacial dos átomos na molécula (MCMURRY, 2011).

De acordo com Klein (2016), os isômeros podem ser subdivididos em isômeros **constitucionais (estruturais)** e **estereoisômeros**.

a) Isômeros constitucionais (estruturais). Os átomos que compõem as moléculas desses isômeros são idênticos, no entanto, o arranjo é diferente (ATKINS, 2018). Os compostos butano e metil-propano (Figura 2), apesar de terem a mesma fórmula molecular C_4H_{10} , as conexões entre os átomos de carbono (C) são diferentes, caracterizando uma cadeia carbônica linear e outra ramificada, respectivamente. Entretanto, ambos os compostos são gases, porém o butano condensa em $-1^\circ C$ e o metil-propano, em $-12^\circ C$ (ATKINS, 2018).

Figura 2 - Isômeros Constitucionais Butano e Metil-Propano.

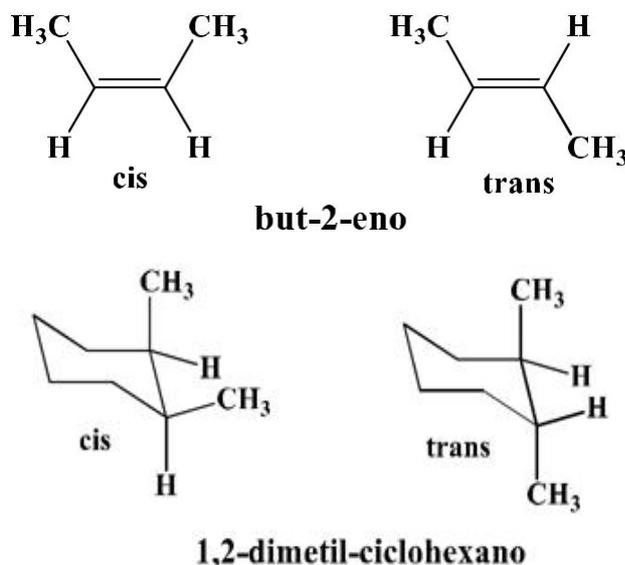


Fonte: Dos autores (2023).

b) Estereoisômeros. Trata-se de um caso específico de isomeria, em que as moléculas têm a mesma conectividade entre os átomos na molécula, mas, os arranjos espaciais são diferentes.

Uma das classes de estereoisômeros é a dos isômeros geométricos, em que os átomos têm arranjos diferentes em cada lado de uma ligação dupla covalente, ou acima e abaixo do anel de um composto cíclico. Os isômeros geométricos de alcenos dissustituídos são distinguidos pelos prefixos cis e trans. Se o alceno é trissustituído ou tetrassustituído, os termos cis ou trans são duvidosos ou não se aplicam (SOLOMONS; FRYHLE, 2012). Neste caso, utiliza-se o chamado Sistema (E - *ENTGEGEN*) e (Z - *ZUSAMMEN*), seguindo as regras propostas pelos químicos Robert Sidney Cahn, Christophe Kelk Ingold e Vladimir Prelog em 1966 e adotado pela *International Union of Pure and Applied Chemistry/IUPAC* (ORLANDO *et al.*, 2007). A Figura 3 retrata exemplos de dois isômeros do composto but-2-eno: no isômero cis, os dois grupos metila estão no mesmo lado da ligação dupla; no isômero trans, os grupos metila estão em lados opostos da ligação dupla. Em se tratando do composto 1,2-dimetil-ciclohexano, no isômero cis os dois grupos metila estão voltados para o mesmo plano imaginário da molécula, enquanto que no isômero trans, os grupos metilas estão orientados de maneira opostas ao plano imaginário do anel cíclico. Os isômeros geométricos têm a mesma fórmula molecular e fórmulas estruturais diferentes, conferindo diferentes propriedades físicas e químicas (ATKINS, 2018).

Figura 3 - Isômeros geométricos de but-2-eno e do 1,2-dimetil-ciclohexano.



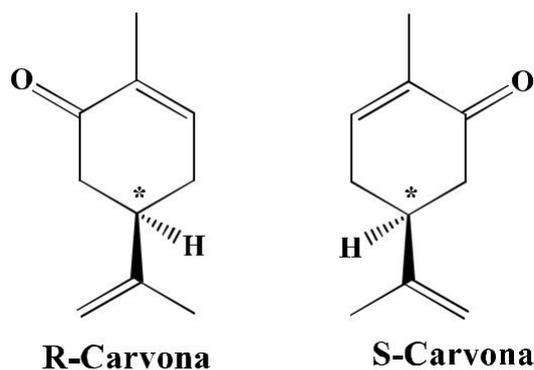
Fonte: Atkins (2018) modificada

Outra classe de estereoisomeria é a isomeria óptica. Dois compostos químicos são isômeros ópticos quando há uma relação de imagem especular não sobreponível entre uma molécula e outra. Essas moléculas são definidas como quirais. A termo “quiral” vem da palavra grega *cheir*, que significa “mão” e é utilizado para descrever moléculas quirais por estarem relacionadas umas com a outra, da mesma maneira que a mão esquerda está relacionada com a direita. As mãos direita e esquerda são imagens especulares uma da outra no espelho plano, mas não são sobreponíveis. Uma molécula quiral e sua imagem especular formam um par de enantiômeros. Apesar de terem a mesma composição química, os dois enantiômeros são dois compostos diferentes. Nos compostos orgânicos, ocorre isomeria óptica sempre que quatro substituintes diferentes estão ligados a um átomo de carbono, que é, então, chamado de “átomo de carbono quiral” (ATKINS, 2018). De acordo com o arranjo espacial dos diferentes substituintes ligados ao carbono quiral, os enantiômeros recebem os prefixos R ou S, seguindo o sistema de nomenclatura desenvolvido pelos químicos Robert Sidney Cahn, Christophe Kelk Ingold e Vladimir Prelog, em 1966.

Os enantiômeros têm propriedades químicas idênticas, exceto quando reagem com outros compostos quirais. Como muitas substâncias bioquímicas são quirais, uma consequência dessa diferença de reatividade é que os enantiômeros têm odores e atividades farmacológicas diferentes. Para ser eficaz farmacologicamente, a molécula tem que se ajustar em receptores de uma célula ou de uma enzima. Só uma das moléculas do par de enantiômeros é capaz de se ajustar no sítio receptor. Como exemplo de enantiômeros, tem-se

a R-carvona, que é um dos principais aromatizantes presentes nas sementes de alcarávia, enquanto sua imagem no espelho, a S-carvona, é um dos constituintes do óleo de hortelã-verde (Figura 4). O átomo de carbono quiral é marcado com um asterisco (*) em cada enantiômero (ATKINS, 2018).

Figura 4 - Estruturas moleculares dos enantiômeros R e S da carvona.

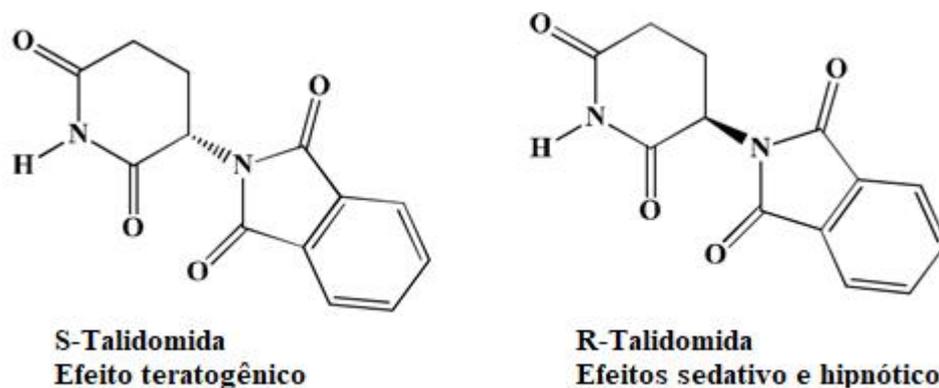


Fonte: Atkins (2018) modificada.

Os enantiômeros apresentam propriedades físicas semelhantes, exceto quanto à rotação do plano da luz planopolarizada. Se uma molécula quiral gira o plano de polarização da luz no sentido horário, então a molécula que é sua imagem no espelho plano, gira o plano de polarização no sentido anti-horário com o mesmo ângulo de rotação. Com frequência, os compostos orgânicos sintetizados em laboratório são “misturas racêmicas”, ou seja, misturas de enantiômeros em proporções iguais. As reações em células vivas, porém, comumente conduzem a apenas um dos enantiômeros. É uma característica notável da natureza que todos os aminoácidos naturais dos animais tenham a mesma quiralidade (ATKINS, 2018).

De acordo com Solomons e Fryhle (2012), os enantiômeros de fármacos têm perfis de atividade biológica distintos, muitas vezes com consequências graves ou até mesmo trágicas. Durante vários anos, o fármaco Talidomida foi usado na forma de racemato para aliviar sintomas de enjoo em mulheres grávidas, até que foi descoberto que o enantiômero S-Talidomida era a causa de má formação congênita em muitas crianças nascidas, após o uso desse fármaco (SOLOMONS; FRYHLE, 2012). As estruturas moleculares e isoméricas da Talidomida estão mostradas na Figura 5.

Figura 5 - Isômeros ópticos da Talidomida.

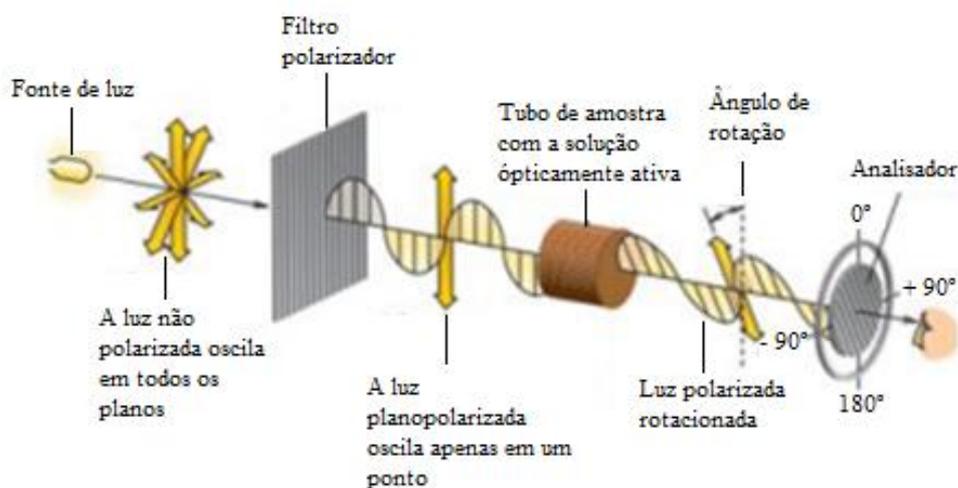


Fonte: Carrey (2011) modificada.

1.4.2 Isomeria óptica: Breve histórico e atualidade

Em 1815, o cientista francês Jean Baptiste Biot incidiu a luz planopolarizada em soluções de substâncias orgânicas, e descobriu que algumas delas giravam o plano da luz polarizada, como por exemplo, açúcares. Essas substâncias foram denominadas “ópticamente ativas” e, as que não possuíam essa característica “ópticamente inativas” (KLEIN, 2016). A rotação da luz planopolarizada provocada pela presença de compostos ópticamente ativos, pode ser medida experimentalmente utilizando um polarímetro. A representação do esquema de um polarímetro (Figura 6).

Figura 6 - Esquema de um polarímetro.



De acordo com Carey (2011), a luz utilizada para medir a atividade óptica apresenta um único comprimento de onda e é planopolarizada. O comprimento de onda mais utilizado é o de 589 nm (denominado de linha D), que corresponde à luz amarela produzida por uma lâmpada de sódio. A lâmpada de sódio utilizada é comum, uma vez que sua luz não é polarizada, significando que a propagação da radiação eletromagnética ocorre em todas as direções. Um feixe de luz não polarizado é transformado em planopolarizado, quando a luz atravessa um filtro polarizador que remove todas as ondas, exceto a que o vetor de campo elétrico pertence ao mesmo plano (CAREY, 2011). A luz planopolarizada atravessa o tubo que contém a solução de amostra da substância a ser analisada em um solvente adequado, sendo em geral, a água, etanol ou clorofórmio. A amostra é “ópticamente ativa” caso gire o plano da luz planopolarizada. A direção e a magnitude da rotação são medidas em um segundo filtro polarizador (o “analisador”) e obtidas como ângulo de rotação α , conforme pode ser observado na Figura 6 (CAREY, 2011).

Segundo Carey (2011), o plano de polarização de uma onda de luz passa por uma rotação quando incide sobre uma molécula quiral. As formas enantioméricas de uma molécula quiral causam uma rotação do plano de polarização em quantidades exatamente iguais, mas em direções opostas. Uma solução que contém quantidades iguais de enantiômeros não exhibe rotação óptica, uma vez que os incrementos de rotação horária produzidos por um enantiômero são cancelados por um número igual de incrementos de rotação anti-horária produzidos pelo outro enantiômero. As misturas racêmicas são ópticamente inativas, por outro lado, quando um enantiômero está presente em excesso, uma rotação do plano de polarização é observada. (CAREY, 2011).

Em 1847, o cientista francês Louis Pasteur propôs uma explicação para a atividade óptica. Em sua pesquisa, concluiu que a atividade óptica é uma consequência direta da quiralidade, ou seja, substâncias quirais são ópticamente ativas e as aquirais não são. Além disso, Pasteur observou que os enantiômeros giram o plano da luz planopolarizada em magnitudes iguais, mas, em sentidos opostos (KLEIN, 2016).

A compreensão do conhecimento sobre a isomeria óptica abriu uma nova era de aplicação e desenvolvimento de compostos orgânicos. Atualmente, a isomeria óptica tem relevante importância na área farmacêutica pelo fato das drogas apresentarem-se como isômeros e diferirem em suas propriedades farmacocinéticas e farmacodinâmicas (CHHABRA; ASERI; PADMANABHAN, 2013). Compreendendo melhor essa questão por meio de exemplos, o isômero (R,R)-Cloranfenicol, que é utilizado como antibiótico, o seu isômero (S,S)-Cloranfenicol mostra-se ser inativo; o (S,S)-Etanbutol é um medicamento

antituberculose, enquanto o (R,R)-Etambutol foi observado como sendo causador de cegueira (FEDERSEL, 1993; CHAN, 1993). Assim, o conhecimento da isomeria óptica tem auxiliado na descoberta de drogas mais seguras e eficazes.

O estudo, desenvolvimento, produção e comercialização de um enantiômero puro a partir de um racemato original é denominado “*chiral switching*” e, com essa prática, várias empresas conseguiram estender o período de patente de fármacos. Essa estratégia vem se tornando atrativa para o desenvolvimento de novos fármacos, sendo que diversos estudos clínicos necessários para o desenvolvimento do enantiômero puro já foram realizados durante o desenvolvimento do racemato, o que torna o processo mais dinâmico e barato (ORLANDO *et al.*, 2007; GELLAD *et al.*, 2014). A justificativa para a concessão de novas patentes para o desenvolvimento e produção de enantiômeros puros é baseada nos fatos de que os mesmos apresentem uma ou mais das seguintes vantagens: i) maior índice terapêutico; ii) menor ou maior duração do tempo de ação (meia vida); iii) menor variabilidade interindividual; iv) menor potencial de interações medicamentosas e v) menor capacidade de desenvolver efeitos colaterais (ORLANDO *et al.*, 2007).

Vale ressaltar que a polarimetria é constantemente utilizada em diversas áreas da pesquisa como, por exemplo, o artigo publicado no *European Journal of Physics*, cujo título é “Previsões teóricas das mudanças na irradiação e na cor dos feixes de luz que viajam na água com açúcar, causadas por fenômenos de rotação óptica, e suas possíveis aplicações para fins educacionais” (TOKUMITSU; HASEGAWA, 2018), o qual pontua que os fenômenos de coloração causados pela rotação óptica de feixes de luz planopolarizada em água açucarada podem ser utilizados como uma ferramenta educacional. Neste trabalho, os fenômenos de coloração são estudados em termos teóricos, e os resultados são comparados com os obtidos experimentalmente. Nesta perspectiva, pode também ser mencionado o artigo publicado no *Journal of Biomedical Optics* (GHOSH; VITKIN, 2011), o qual destaca que a polarimetria tem uma história longa e bem sucedida. Impulsionado por seu potencial biomédico, o uso de abordagens polarimétricas para avaliação de tecidos biológicos, recentemente recebeu atenção considerável. Especificamente, a polarização pode ser usada como uma ferramenta eficaz para discriminar e multiplicar a luz espalhada, para aumentar o contraste e melhorar a resolução da imagem do tecido (GHOSH, VITKIN, 2011). Diante do exposto, é notável a importância da polarimetria e, conseqüentemente, da isomeria as quais, ultrapassam os muros da escola, podendo ser utilizadas em vários campos que vão desde indústrias até mesmo na medicina.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Abordar o conteúdo de isomeria constitucional, geométrica e óptica no Ensino Médio por meio da aplicação da modalidade híbrida, com o intuito de contribuir para a melhoria do ensino de um conteúdo considerado complexo e desafiador por parte dos alunos.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver o ensino de isomeria constitucional, geométrica e óptica no ensino médio técnico de uma forma mais atrativa e dinâmica, engajando os alunos para uma construção mais autônoma e responsável do seu conhecimento;
- Aplicar e avaliar a abordagem pedagógica do Ensino Híbrido no processo de ensino e aprendizagem de isomeria, utilizando os submodelos de sala de aula invertida e rotação por estações, envolvendo os estudos no formato presencial e *on-line*.
- Utilizar as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação/TDIC no ensino de isomeria, conforme as orientações presentes em documentos educacionais e oficiais;
- Avaliar o potencial do aplicativo *WhatsApp* como ferramenta digital de informação e comunicação além de seu uso como suporte à aplicação da abordagem pedagógica do Ensino Híbrido, durante a execução de atividades de ensino no formato *on-line*;
- Elaborar uma sequência didática sobre o conteúdo de isomeria constitucional, geométrica e óptica, baseada na modalidade do ensino híbrido, servindo de um produto educacional que possa ser utilizado por outros educadores interessados e da área de Química.

3 JUSTIFICATIVA

Estudos relatam inúmeras dificuldades enfrentadas por alunos em relação à aprendizagem de conteúdos relacionados às ciências exatas e, dentre esses, estão os que envolvem a área da Química (SANTOS *et al.*, 2013; MENESES; NUÑEZ, 2018). Em se tratando, especificamente, da dificuldade de ensino e aprendizagem do conteúdo de isomeria em compostos orgânicos, essa realidade não é diferente. As dificuldades encontradas têm sido atribuídas à diversos fatores como a abstração e à falta de domínio de conhecimentos prévios envolvendo, por exemplo, ligações químicas, visualização e representação espacial de estruturas moleculares (CORREIA *et al.*, 2010; TRINDADE *et al.*, 2020). Essa última dificuldade foi também apontada por Souza (2009) e correlacionada com as estratégias de ensino abordadas e a não utilização de recursos que possibilitem a visualização das estruturas moleculares tridimensionais, para facilitar a compreensão de suas particularidades. Silva (2014) associou a dificuldade do ensino de isomeria às falhas na formação de professores, os quais contribuem para a permanência do ensino de modo tradicional, levando à memorização das estruturas e dos tipos de isômeros, sem desenvolver a capacidade de comparação e identificação entre cada tipo de isomeria, conforme as características atribuídas pelas cadeias carbônicas. Neste contexto, faz-se necessário que os professores estejam cientes dessa realidade e que possam utilizar de estratégias de ensino e de recursos educacionais adequados, que viabilizem a melhoria do ensino e aprendizagem dos conteúdos relacionados à isomeria.

Diante do exposto e no intuito de buscar alternativas para que se possam minimizar os problemas, este trabalho de pesquisa propôs a elaboração, aplicação e análise de uma sequência didática na perspectiva do Ensino Híbrido envolvendo o ensino do conteúdo sobre isomeria. Como recursos digitais e de apoio ao desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados os aplicativos *Edpuzzle* e *WhatsApp*.

4 METODOLOGIA

Este trabalho envolveu a participação de 21 alunos do 2º Ano noturno do curso de Química de uma Escola Técnica Estadual, localizada na Fazenda Baixada, S/N – zona rural do município de Igarapava/SP. A Escola Técnica Estadual funciona nos turnos matutino, vespertino e noturno e atende, em média, 500 alunos do Ensino Médio, provenientes tanto da zona urbana quanto rural. A Escola possui três (03) laboratórios de informática, contendo 20 computadores cada, totalizando 60 máquinas em bom estado de funcionamento e todos com acesso à *internet*. A Escola também possui uma área externa destinada ao cultivo de cana de açúcar e às atividades práticas agropecuárias de plasticultura, horticultura, suinocultura, avicultura, além de um pequeno rebanho de gado leiteiro.

O conteúdo de isomeria (constitucional, geométrica e óptica), utilizando-se da abordagem pedagógica fundamentada no Ensino Híbrido, foi avaliada neste trabalho de pesquisa. Os aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle* foram empregados como ferramentas didáticas digitais de suporte às atividades complementares ao ensino presencial.

Buscando-se conhecer o perfil dos alunos participantes da pesquisa e do uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação/TDIC nos estudos escolares, foi aplicado o Questionário A (APÊNDICE A). Esse questionário contemplou os seguintes aspectos relacionados aos alunos: i) faixa etária; ii) acesso à dispositivos eletrônicos e *internet* em suas residências; iii) uso de *WhatsApp* como aplicativo de informação e comunicação; iv) busca por conteúdos e atividades escolares na *internet*; v) disponibilidade de deslocamento para desenvolver atividades no formato *on-line* no laboratório de informática da Escola, no caso do aluno não possuir celular com *WhatsApp* e nem *internet* residencial.

Ações intervencionistas foram necessárias durante o processo de ensino de isomeria dos compostos orgânicos. Apoiado na ideia de Gil (2010), as ações intervencionistas consideram uma participação real do pesquisador intermediando a pesquisa, podendo assumir, até certo ponto, o papel de membro do grupo.

Antes do desenvolvimento da pesquisa, o projeto elaborado foi submetido à análise pelo Comitê de Ética e Pesquisa/CEP da Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM. O embasamento teórico deste trabalho de pesquisa foi realizado por meio da revisão de livros e estudos de artigos científicos.

4.1 Atividades desenvolvidas na pesquisa

Visando contribuir para a melhoria do processo de ensino do conteúdo de isomeria por meio da modalidade híbrida, foram planejadas diferentes atividades intencionais que estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Sequência didática proposta e desenvolvida na pesquisa.

Sequência Didática
<p><u>ATIVIDADE 01</u></p> <p>Descrição:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Submissão do projeto de pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa/CEP da UFTM, para análise e parecer em relação aos aspectos éticos em defesa da integridade e dignidade dos voluntários participantes da pesquisa. ➤ Obtenção do termo de anuência da Escola Técnica Estadual, localizada na cidade de Igarapava (SP), para o desenvolvimento da pesquisa a ser aplicada aos alunos do 2º Ano do Curso Técnico em Química (ANEXO A). <p>Finalidade: Informar, prestar esclarecimentos e buscar a anuência da Direção da Escola Técnica Estadual, para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.</p>
<p><u>ATIVIDADE 02</u></p> <p>Descrição:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Apresentação do projeto de pesquisa aos alunos participantes e encaminhamento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) bem como do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ao Responsável Legal (TCLE-RL), sendo esse último direcionado aos responsáveis legais dos alunos. ➤ Apresentação e cadastro dos alunos em grupos denominados “Isomeria” nos aplicativos

WhatsApp e *Edpuzzle*, utilizados como ferramentas digitais e de suporte ao Ensino Híbrido, envolvendo estudos de isomeria constitucional, geométrica e óptica de compostos moleculares. Nesses casos, o professor-pesquisador assumiu a posição de administrador dos grupos, compartilhando os *links* das atividades aplicadas aos alunos. O aplicativo *Edpuzzle* possibilitou o acompanhamento do progresso dos alunos na visualização das videoaulas sobre isomeria, permitindo a obtenção de informações sobre aqueles que assistiram às videoaulas por completo ou em parte. A utilização do *Edpuzzle* foi orientada pelo professor-pesquisador, de modo que os alunos puderam conhecer o aplicativo para a sua utilização. Todas as videoaulas selecionadas foram utilizadas com autorização do autor.

- Levantamento de perfil dos alunos em relação aos estudos e uso das TDIC pela aplicação do Questionário A, via *Google Forms*, que pode ser observado no APÊNDICE A. O tempo de preenchimento foi de aproximadamente 10 minutos.

Finalidade: Esclarecer a importância do projeto de pesquisa para a melhoria do ensino de Química, com foco em isomeria, e orientar os alunos sobre a necessidade da autorização de seus pais ou responsáveis para a participação na pesquisa. Cadastrar os alunos em um grupo no aplicativo *WhatsApp* bem como criar uma sala virtual no aplicativo *Edpuzzle*, fornecendo orientações sobre seu uso e potencial educacional. Esses cadastros permitiram aos alunos acesso aos materiais de estudos e atividades a serem realizadas *on-line*, além de permitir que o professor-pesquisador acompanhasse a aprendizagem. A aplicação do Questionário A permitiu conhecer o perfil dos alunos quanto ao uso do celular/computador/*tablet*, acesso à *internet*, uso do *WhatsApp* e hábito de realizar estudos no formato *on-line*.

Número de Aulas de 50 min.: 01

ATIVIDADE 03

Descrição:

- Apresentação de uma situação-problema como estratégia pedagógica, envolvendo conteúdo de isomeria. Especificamente, foram abordados os fatos históricos da teratogênese ocorridos com o uso do medicamento Talidomida, por meio de

conhecimentos prévios do professor-pesquisador, buscando estabelecer a relação entre esses fatos e o conhecimento químico da isomeria.

Finalidade: Esta atividade teve por finalidade introduzir os estudos sobre a isomeria de maneira contextualizada com a vida real e cotidiana dos alunos, além de motivá-los a aprenderem sobre os conhecimentos químicos que levaram à resolução dos problemas trazidos pelo uso da Talidomida.

Número de Aulas de 50 min: 01

ATIVIDADE 04

Descrição:

- No submodelo de sala de aula invertida, foi disponibilizada aos alunos uma videoaula abordando conteúdos químicos sobre isomeria constitucional, por meio do grupo de *WhatsApp* e *Edpuzzle*. O *link* de acesso à videoaula é: <https://www.youtube.com/watch?v=A8HSV2RPLss&t=29>. Essa abordagem permitiu que os alunos tivessem acesso aos conteúdos em suas casas ou em locais que considerassem adequados, durante uma semana. A videoaula abordou o conteúdo de isomeria constitucional, e os alunos foram encorajados a revisitar o material quantas vezes julgassem necessário e a fazer anotações sobre suas dúvidas.

Finalidade: Introduzir o conteúdo sobre a isomeria constitucional de compostos orgânicos, utilizando o submodelo de sala de aula invertida e apoiando-se no uso do *WhatsApp* e *Edpuzzle* para oferecer a atividade de videoaula de maneira *on-line*. Além disso, a atividade visava estimular os alunos a desenvolverem a autonomia nos estudos e assumirem a responsabilidade pela construção de sua própria aprendizagem.

Número de Aulas: Nessa atividade o número de aulas não se aplica por se tratar de uma atividade assíncrona.

ATIVIDADE 05**Descrição:**

- Após a aplicação da Atividade 04 sobre isomeria constitucional, foi realizada uma roda de conversa/grupo de estudo com os alunos no formato de aula presencial e remota. No momento da atividade, o retorno às aulas presenciais não era obrigatório, e os alunos puderam escolher o formato mais adequado. O professor-pesquisador trabalhou as dúvidas trazidas pelos alunos presentes na unidade escolar e em sala de aula, bem como interagiu com os alunos no formato remoto por meio de vídeo chamada.

Finalidade: Estabelecer um diálogo com os alunos, seja em sala de aula ou de forma remota, para oportunizar a todos a possibilidade de trazerem as dúvidas surgidas durante os estudos dos conteúdos realizados de maneira *on-line* e descritos na Atividade 04. Essas dúvidas foram trabalhadas e sanadas pelo professor-pesquisador.

Número de Aulas de 50 min.: 01

ATIVIDADE 06:**Descrição:**

- Esta atividade foi direcionada para a consolidação dos conteúdos sobre isomeria constitucional, aplicando-se diferentes atividades no submodelo de rotação por estações, que são descritas abaixo:

Estação 1. Nesta estação foi aplicada atividade semelhante ao jogo de memória “Pareando Isômeros”, construído pelo professor-pesquisador. Cartas com estruturas moleculares de diferentes compostos isoméricos foram disponibilizadas aos alunos, cada uma representando uma molécula diferente. As instruções para a realização dessa atividade foram impressas e entregues aos alunos. Grupos de 3 ou 4 alunos foram formados e instruídos a identificar o tipo de isomeria constitucional presente em cada par de cartas, incluindo isomeria de função, posição, cadeia, metameria ou tautomeria. Durante a atividade, os alunos foram estimulados a trabalhar em equipe e a compartilharem seus conhecimentos para encontrarem as respostas corretas. As respostas

dadas pelos grupos foram registradas em folhas de papel sulfite e posteriormente avaliadas pelo professor-pesquisador. Para essa atividade foi disponibilizado um tempo de 25 minutos.

Estação 2. Nesta atividade, realizada de forma *on-line* e utilizando-se do *Google Forms*, foi aplicado o Questionário B contendo questões extraídas de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio/ENEM sobre isomeria constitucional. As questões do Questionário B podem ser visualizadas no APÊNDICE B e o tempo de resolução foi de aproximadamente 25 minutos. Essa atividade foi realizada de forma individual e *on-line* no laboratório de informática da unidade escolar onde a pesquisa foi realizada, possibilitando uma avaliação personalizada de cada aluno.

Finalidade: Por meio do submodelo de rotação por estações, o objetivo desta atividade foi consolidar e avaliar o ensino dos conteúdos sobre isomeria constitucional, além de incentivar a colaboração mútua entre os alunos para a resolução de problemas.

Número de Aulas de 50 min: 01

ATIVIDADE 07

Descrição:

- No submodelo de sala de aula invertida, foi disponibilizada aos alunos uma videoaula abordando conteúdos químicos sobre isomeria geométrica, por meio do grupo de *WhatsApp* e *Edpuzzle*. O *link* de acesso à videoaula é: https://www.youtube.com/watch?v=2K_Bu_0RsLM&t=8s. Essa abordagem permitiu que os alunos tivessem acesso aos conteúdos em suas casas ou em locais que considerassem adequados, durante uma semana. A videoaula abordou o conteúdo de isomeria geométrica, e os alunos foram encorajados a revisitar o material quantas vezes julgassem necessário e a fazer anotações sobre suas dúvidas.

Finalidade: Introduzir o conteúdo sobre a isomeria geométrica de compostos orgânicos, aplicando o submodelo de sala de aula invertida e apoiando-se no uso de *WhatsApp* e *Edpuzzle* para a realização da atividade (videoaula) de maneira *on-line*. Esta atividade teve por finalidade também estimular os alunos a desenvolverem a autonomia de estudos

e a serem responsáveis pela construção da própria aprendizagem.

Número de Aulas: Nessa atividade o número de aulas não se aplica por se tratar de uma atividade assíncrona.

ATIVIDADE 08

Descrição:

- Após a aplicação da Atividade 07, foi realizada uma roda de conversa/grupo de estudo com os alunos de forma remota, tratando dos conteúdos sobre isomeria geométrica. Nesta atividade, o professor-pesquisador trabalhou as dúvidas trazidas pelos alunos que estavam participando remotamente por meio de vídeo chamada (Atividade síncrona).

Finalidade: Estabelecer diálogo com os alunos de forma remota, oportunizando a todos de trazerem as dúvidas surgidas durante os estudos dos conteúdos realizados de maneira *on-line* e descritos na Atividade 07, para que essas fossem trabalhadas e sanadas.

Número de Aulas de 50 min: 01

ATIVIDADE 09

Descrição:

- Nesta atividade, com a volta ao formato presencial, foi aplicado o submodelo de rotação por estações envolvendo isomeria geométrica, cujas as atividades estão descritas:

Estação 1. Nesta atividade, realizada na biblioteca da escola, foi utilizado o aplicativo de realidade aumentada “*Isomère Z/E*”. O professor-pesquisador explicou o seu uso após os alunos terem feito o *download* do aplicativo em seus celulares/*tablets*. Em seguida, os alunos foram divididos em 02 grupos e entregues a cada um 4 marcadores e uma folha de papel sulfite, para que descrevessem o tipo de isomeria geométrica observada (cis/trans).

Estação 2. No laboratório de informática da escola, foi aplicado o Questionário C, via *Google Forms*, contendo questões extraídas de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio/ENEM e versando sobre isomeria geométrica (APÊNDICE C). O

Questionário C foi disponibilizado aos alunos por meio de *link* enviado aos alunos pelo grupo de *WhatsApp*. O tempo de resolução foi de aproximadamente 25 minutos. A análise das respostas dos alunos foi quantitativa. Essa atividade foi realizada *on-line* e individual, permitindo uma avaliação personalizada de cada aluno.

Finalidade: Por meio do submodelo de rotação por estações, o objetivo desta atividade foi consolidar e avaliar o ensino dos conteúdos sobre isomeria geométrica, além de incentivar colaboração mútua entre os alunos para a resolução de problemas.

Número de Aulas de 50 min: 01

ATIVIDADE 10

Descrição:

- Antes de aplicar a atividade da sala de aula invertida, foi trabalhado com os alunos em sala de aula, um texto sobre a tragédia envolvendo o medicamento Talidomida. Esse trabalho teve como objetivo destacar a importância do conhecimento em Química para entender o problema ocorrido na década de 1960, e contextualizar o ensino de isomeria óptica. Além disso, buscou-se obter as opiniões dos alunos sobre o tema e suas percepções em relação aos riscos da automedicação.
- No submodelo de sala de aula invertida, foi disponibilizada aos alunos, por meio dos grupos de *WhatsApp* e *Edpuzzle*, uma videoaula abordando conteúdos químicos sobre isomeria óptica. O *link* de acesso à videoaula é: <https://www.youtube.com/watch?v=2xj2nR1lg70&t=59s>. Os alunos puderam assistir aos conteúdos em sua residência ou em local que achassem conveniente, durante uma semana. Além disso, eles tiveram a possibilidade de acessar a videoaula quantas vezes fosse necessário e fazer anotações das dúvidas surgidas durante a atividade.

Finalidade: Introduzir o conteúdo sobre a isomeria óptica de compostos orgânicos, aplicando uma aula expositiva-dialogada bem como o submodelo de sala de aula invertida e apoiando-se no uso de *WhatsApp* e *Edpuzzle* para a realização da atividade (videoaula) de maneira *on-line*. Esta atividade teve por finalidade também estimular os

alunos a desenvolverem a autonomia de estudos e a serem responsáveis pela construção da própria aprendizagem.

Número de Aulas: Nessa atividade o número de aulas não se aplica por se tratar de uma atividade assíncrona.

ATIVIDADE 11

Descrição:

- Após a aplicação da Atividade 10, foi realizada uma roda de conversa/grupo de estudo com os alunos de forma remota, tratando dos conteúdos sobre isomeria óptica. Nesta atividade, o professor-pesquisador trabalhou as dúvidas trazidas pelos alunos que estavam participando remotamente por meio de vídeo chamada (Atividade síncrona).

Finalidade: Estabelecer diálogo com os alunos de forma remota, oportunizando a todos de trazerem as dúvidas surgidas durante os estudos dos conteúdos realizados de maneira *on-line* e descritos na Atividade 11, para que essas fossem trabalhadas e sanadas.

Número de Aulas de 50 min: 01

ATIVIDADE 12:

Descrição:

- Nesta atividade, foi aplicado o submodelo de rotação por estações envolvendo isomeria óptica, cujas as atividades estão descritas:

Estação 1. Nesta atividade os alunos foram levados ao laboratório de química, onde foi discutido com eles a quiralidade de objetos comuns, (tênis, luvas, mãos). Posteriormente Os alunos foram conduzidos ao laboratório de informática da escola e divididos em quatro grupos, nomeados A, B, C e D, cada um com quatro integrantes. O professor enviou um *link* por meio do grupo de *WhatsApp*, que direcionou os alunos para a plataforma *Jigsaw-Planet*, uma ferramenta de quebra-cabeças *on-line*. Cada grupo recebeu uma folha contendo duas questões que foram respondidas e analisadas

pelo professor posteriormente. O tempo disponibilizado para a atividade foi de 25 minutos.

Estação 2. No laboratório de informática da escola, foi aplicado o Questionário D, via *Google Forms*, contendo questões extraídas de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio/ENEM e versando sobre isomeria geométrica (APÊNDICE D). O Questionário D foi disponibilizado aos alunos por meio de *link* enviado aos alunos pelo grupo de *WhatsApp*. O tempo de resolução foi de aproximadamente 25 minutos. A análise das respostas dos alunos foi quantitativa. Essa atividade foi realizada *on-line* e individual, permitindo uma avaliação personalizada de cada aluno.

Finalidade: Por meio do submodelo de rotação por estações, esta atividade teve como propósito consolidar e avaliar o ensino de isomeria óptica aos alunos. Ainda a atividade levou os alunos a compreenderem que a propriedade da quiralidade ocorre em objetos comuns da natureza bem como nos compostos moleculares.

Número de Aulas de 50 min: 01

ATIVIDADE 13:

Descrição:

- Nesta atividade, foi aplicado o Questionário E, via *Google Forms*, contendo questões de avaliação da abordagem pedagógica utilizada (Ensino Híbrido) e do uso de *WhatsApp* e *Edpuzzle* (APÊNDICE E). O Questionário E foi disponibilizado aos alunos por meio de *link* enviado aos alunos pelo grupo de *WhatsApp*. O tempo de resolução foi de aproximadamente 20 minutos. A análise das respostas foi feita de forma quantitativa.

Finalidade: Realizar uma avaliação por parte dos alunos acerca da abordagem pedagógica utilizada, o Ensino Híbrido, bem como do uso das ferramentas educacionais digitais *WhatsApp* e *Edpuzzle*.

Número de Aulas de 50 min: 01

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

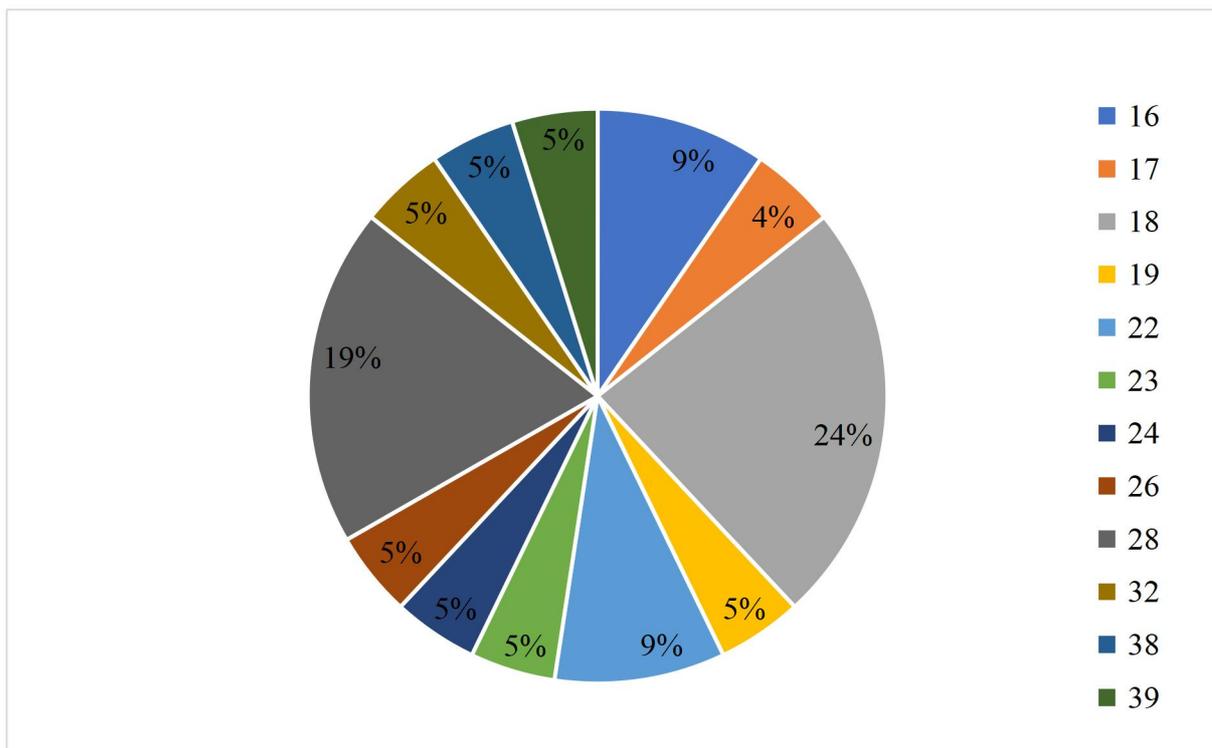
5.1 Termo de anuência da escola e perfil dos alunos

Após a elaboração do projeto de pesquisa, ele foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM para análise e parecer. Após a avaliação, foram feitas algumas sugestões de adequações que foram acatadas, e o projeto de pesquisa foi aprovado pelo CEP/UFTM sob o número do CAAE 49377521.9.0000.5154.

Para o desenvolvimento desta pesquisa na escola, procurou-se a direção escolar para informar sobre o projeto que seria aplicado aos alunos do 2º Ano do Ensino Médio Técnico em Química noturno. Após ter sido explicado os objetivos da pesquisa e a forma de como essa seria realizada, houve plena aceitação por parte da direção escolar. A autorização da direção escolar no desenvolvimento da pesquisa foi documentada por meio do termo de anuência, devidamente preenchido e assinado, conforme mostrado no ANEXO A.

O levantamento do perfil dos alunos participantes deste trabalho de pesquisa foi realizado por meio da aplicação do Questionário A (APÊNDICE A). Analisando os dados do Questionário A, observou-se uma grande variação de idade entre os 21 alunos participantes da pesquisa, sendo que 07 (33%) dos alunos são do sexo masculino e 14 (67%) feminino. Considerando que se trata de um curso técnico que oferece oportunidades de profissionalização, foram observados alunos com idades maiores daquelas esperadas para o ensino regular e até mesmo alguns com idades superior a 30 anos. Neste último caso, foram observados 3 alunos (14%). Dentre as faixas de idade entre 16 e 19 anos bem como de 22 a 29 anos, foram identificados 9 alunos (43%) para cada uma delas. É relevante o fato de predominar o sexo feminino, mesmo em se tratando de um curso técnico e da área de ciências exatas e naturais. Esse resultado corrobora com os observados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE. Em 2019, a taxa de frequência escolar líquida no Ensino Médio foi de 68 % para o gênero masculino e, 76 % para o feminino (IBGE, 2021). A presença das mulheres em todos os níveis educacionais tem aumentado, muitas vezes igualando ou até superando a presença masculina. Esse fato tem gerado uma mudança significativa no cenário educacional brasileiro, cujo acesso à educação era predominantemente masculino. A Figura 7 ilustra os dados obtidos em relação à idade dos participantes da pesquisa.

Figura 7 - Idade dos sujeitos da Pesquisa.



Fonte: Do autor (2023).

Todos os 21 alunos participantes da pesquisa responderam possuir *internet* em suas residências, sendo que 15 alunos (71%) relataram que a utilizam já há alguns anos e, apenas 2 alunos (10%), fazem uso recente. O acesso à *internet* por meio de dados móveis é uma minoria, prevalecendo a do tipo banda larga. O quantitativo de acesso à *internet* domiciliar pela turma de alunos foi acima da média nacional, conforme os dados divulgados pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR/NIC.br. A pesquisa estimou que 81% da população de 10 anos ou mais, utilizou a *internet* nos últimos três meses do ano de 2021, o que corresponde a 148 milhões de indivíduos (NIC.br, 2020).

O fato de todos os alunos participantes da pesquisa possuírem dispositivos eletrônicos e o acesso à *internet* domiciliar, facilitou a aplicação e o desenvolvimento desta pesquisa.

Com relação à preferência pelo uso de determinados dispositivos eletrônicos para o acesso à *internet*, as respostas da questão 02 indicaram que o celular é o mais utilizado (95% dos alunos). Apenas 01 aluno (5%) relatou que acessa a *internet* pelo computador. Esse resultado é concordante com o estudo publicado no TIC Educação 2019, do Centro de Estudos das Tecnologias da Informação e Comunicação do Brasil/CETIC.Br, em que mais de 90% dos alunos do Ensino Médio e de escola urbana utilizam o celular para o acesso à *internet*. O celular ou telefone móvel, que antes possuía funções específicas como, por

exemplo, a de comunicação, conexão com os amigos e a de acesso às redes sociais, atualmente, é uma recurso relevante e que facilita o processo de ensino e aprendizagem (PINHEIRO; PINHEIRO, 2021). Esses autores enfatizaram que o tempo de uso do celular pelos jovens na faixa etária da Educação Básica tem aumentado, especialmente aos que não possuem *notebook* ou computador. Neste caso, o celular acaba sendo o único meio de acesso à *internet*. Ainda, de acordo com os resultados obtidos para a questão 02, os participantes da pesquisa não mencionaram fazer uso de *tablet* para acessar a *internet*.

Em se tratando da questão 03, que se refere à consulta de conteúdos escolares na *internet* para estudos, 14 alunos (67%) responderam acessar: i) *sites* de conteúdos escolares, ii) vídeos explicativos e iii) resolução comentada de exercícios. Os demais responderam não acessarem a *internet* com esse objetivo. Dentre os diversos *sites* disponíveis para acesso, e que tratam de conteúdos da área de Química, os mais indicados pelos alunos participantes desta pesquisa foram: Brasil Escola, Toda Matéria e Manual da Química.

Na questão 04 do Questionário A, os alunos foram questionados sobre o deslocamento à escola em horário contraturno para acessar a *internet* e realizar atividades escolares *on-line*. Dos participantes, 11 alunos (52%) responderam favoravelmente à questão, enquanto que 10 alunos (48%) indicaram não conseguir realizar esse deslocamento. Essa impossibilidade foi justificada por motivo de falta de tempo relacionada ao exercício de atividade trabalhista.

Ao analisarmos as respostas da questão 05 do Questionário A, foi obtido que 18 alunos (86%) responderam ter interesse em complementar seus estudos por meio de atividades extraclasse (tarefas escolares), enquanto que apenas 3 alunos (14%) responderam negativamente à questão. Esses resultados indicam que as atividades extraclasse são bem recebidas pelos alunos. Neste sentido, o professor deve melhor explorar as tarefas escolares, entendendo que é uma etapa muito importante do processo de ensino e aprendizagem dos seus alunos. De acordo com Libâneo (2018), a atividade extraclasse é um importante complemento didático para a consolidação e desenvolvimento das aulas. A atividade extraclasse em forma de tarefa de casa, quando adotada criteriosamente e bem orientada, pode potencializar o aprendizado. Porém, se adotada sem critérios, mal orientada e mal conduzida, pode diminuir o interesse pela aprendizagem e aumentar as desigualdades educacionais (BACK; DA SILVA, 2016).

Considerando-se a questão 06, 20 alunos (95%) responderam que gostariam de utilizar celular ou computador para realizar tarefas de Química extraclasse e apenas um aluno manifestou-se contrário. Os aspectos positivos dessa prática relatados pelos alunos foram que os conteúdos para estudos poderiam ser disponibilizados antecipadamente, quando não

houvesse aula presencial, possibilitando o acesso de qualquer local com o acesso à *internet* e promoveria uma maior flexibilidade de horário de estudos. Observa-se que essas respostas foram dadas no contexto da pandemia em que as aulas presenciais não mais estavam sendo praticadas, mas sim, essas estavam acontecendo no formato remoto. No entanto, alguns alunos responderam que o acesso aos conteúdos extraclasse de forma remota traria prejuízo para o ensino e a aprendizagem, motivado pela ausência do professor e também por facilitar a perda do foco nos estudos, devido à facilidade de acesso a outros conteúdos não relacionados com o conteúdo a ser estudado. De acordo com as justificativas relatadas pela maioria dos alunos, pode-se inferir que a inclusão das TDIC no âmbito educacional tem sido melhor compreendida e aceita. Entretanto, há ainda algumas barreiras a serem vencidas com relação a desmistificação da ideia de que a aprendizagem deva ocorrer somente de forma presencial. O ensino e a aprendizagem podem ser realizados de forma interessante e *on-line*, mediada pelo professor, utilizando-se os recursos digitais disponíveis atualmente, principalmente em período pandêmico, como o da Covid-19 (WU, 2022; VIVOLO, 2019). O ensino com a utilização de tecnologias digitais e *on-line*, inclusive, é requerido pelos documentos educacionais oficiais como, por exemplo, a Base Nacional Comum Curricular/BNCC (BNCC, 2018). Conforme preconiza a BNCC, a compreensão e a utilização das TDIC de forma crítica, reflexiva, ética e significativa deve perpassar toda a Educação Básica.

Considerando-se a questão 07 do Questionário A, que buscou avaliar a utilização do *WhatsApp* como ferramenta no contexto educacional e de suporte para a aplicação de atividades na modalidade do Ensino Híbrido, todos os 21 alunos responderam já o terem utilizado e que 18 alunos (85%) o julgaram adequado.

Na questão 08, destinada apenas aos alunos que indicaram ter utilizado o *WhatsApp* para estudos (questão 07), 20 alunos (95%) afirmaram que o aplicativo auxiliou na realização de atividades escolares. Apenas um aluno (5%) respondeu que o *WhatsApp* não foi útil para seus estudos.

Na questão 09 do Questionário A, os participantes foram questionados se realizariam alguma atividade sem que fosse atribuída uma pontuação ou nota. Dos 21 alunos que responderam, 20 (95%) afirmaram que sim, enquanto apenas 1 (5%) respondeu negativamente. Esse resultado mostrou que os alunos não estão somente interessados em realizar atividades de estudos por notas ou algum outro conceito. Mas, percebe-se que há uma disposição para realização de atividades escolares com o intuito de agregar aprendizagem à formação técnica dos alunos. Independentemente de receberem nota ou não, as respostas

deixam evidente que os alunos preocupam-se mais com a aprendizagem e formação para a realização da atividade profissional.

Com relação à questão 10, que perguntou se os alunos compreendiam a importância da Química para entender a natureza, todas as 21 respostas obtidas (100%) afirmaram reconhecer a relevância do aprendizado de Química para a compreensão dos fenômenos naturais.

5.2 Cadastro dos alunos nos aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle*

Sob a supervisão do professor-pesquisador e na função de administrador, foi criado o grupo de *WhatsApp* denominado de “Isomeria” e os alunos foram cadastrados após a explanação sobre o projeto de pesquisa. Os alunos mostraram-se altamente engajados na troca de mensagens relacionadas aos conteúdos trabalhados no grupo, sendo também bastante aceito por todos os participantes da pesquisa.

As videoaulas sobre conteúdos de isomeria e utilizadas nas atividades de sala de aula invertida foram postadas pelo professor-pesquisador, utilizando-se do aplicativo *Edpuzzle*. Para o uso do aplicativo *Edpuzzle*, o professor-pesquisador criou uma sala virtual e enviou o convite que se dá por meio de um código gerado pelo aplicativo aos alunos, por meio do *WhatsApp* no grupo “Isomeria”, permitindo a exploração de todo o conteúdo hospedado. Na sala virtual podem ser inseridos vídeos tanto autorais quanto as mídias de outras plataformas como *youtube*, por exemplo. Esses vídeos podem ser editados, sendo que o professor-pesquisador pode inserir durante a execução dos vídeos, questões de múltipla escolha e/ou questões discursivas para verificação da aprendizagem. Inserindo essas atividades, o progresso do vídeo se dará somente quando o aluno responder as questões propostas independentemente de responderem corretamente ou não. Vale ressaltar que o professor-pesquisador também pode optar por bloquear o avanço do vídeo pelo aluno. Assim, o mesmo deverá assistir o vídeo na sua totalidade.

Para complementar as orientações do *Edpuzzle* aos alunos bem como servir de um manual de seu uso, foi compartilhado um tutorial do aplicativo por meio do *link* de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=diIfHcm1L1c>.

O professor-pesquisador solicitou que cada aluno fizesse o *download* do aplicativo nos seus respectivos celulares. Posteriormente, as instruções de uso e acesso ao aplicativo foram repassadas. Para que os alunos tivessem acesso às videoaulas para os estudos, um *link* foi enviado no grupo de *WhatsApp*. Os alunos foram orientados a acessar os conteúdos postados

e que visualizassem as videoaulas integralmente em momentos opostos aos horários em que estivessem em aula presencial. Foram hospedadas 3 videoaulas, sendo que a videoaula tratando da isomeria constitucional possui um tempo total de 14:16 minutos, a videoaula sobre isomeria geométrica possui uma duração de 7:03 minutos e a videoaula relacionada à isomeria óptica, possui 14:42 minutos de duração.

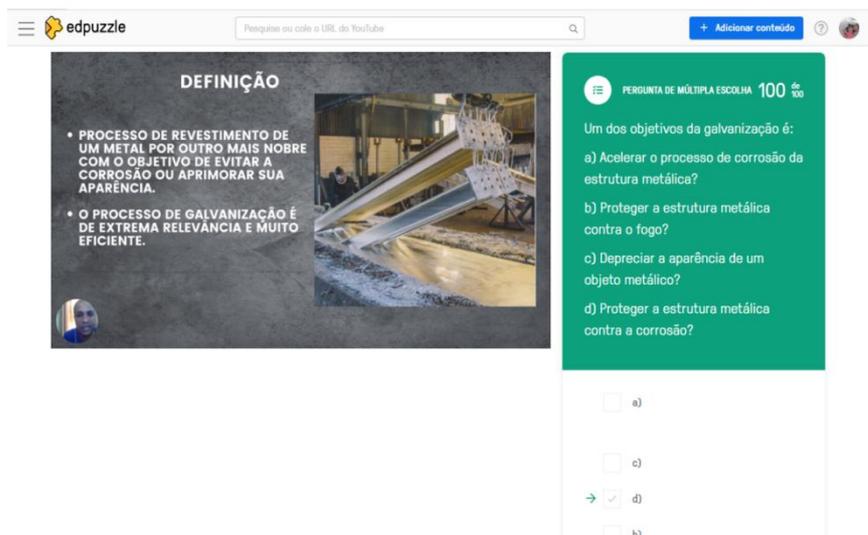
A utilização do aplicativo *Edpuzzle*, permitiu acompanhar o desempenho dos alunos quanto à visualização das videoaulas, podendo o professor-pesquisador obter informações daqueles alunos que assistiram ao vídeo bem como acompanhar o progresso de cada um deles quanto a visualização do conteúdo. Durante a disponibilização das videoaulas, foi desabilitada a função que permite ao aluno de avançar o vídeo, evitando assim, que “pulem” partes importantes do conteúdo. Dessa forma, garante-se que todo o material contido na videoaula seja visto pelos alunos.

Tanto o aplicativo *WhatsApp* quanto o *Edpuzzle* foram utilizados como ferramentas para aplicação do submodelo de sala de aula invertida. Essas tecnologias digitais foram essenciais para conectar as atividades desenvolvidas presencialmente com as atividades realizadas de forma *on-line* e assíncrona.

Vale ressaltar que, por não se tratar de um vídeo autoral, foi necessário solicitar autorização ao detentor da obra para o compartilhamento da mídia.

A Figura 8 demonstra a interface do aplicativo, trazendo como exemplo uma videoaula gravada pelo professor-pesquisador contendo algumas questões para que os alunos possam responder, nela é possível observar a cor verde indicando êxito na atividade.

Figura 8 - Interface do aplicativo *Edpuzzle*.



Fonte: Do autor (2023).

5.3 Isomeria constitucional

O estudos relacionados à isomeria constitucional foram iniciados com o compartilhamento aos alunos de uma videoaula hospedada no aplicativo *Edpuzzle* e enviado o *link* de acesso pelo *WhatsApp*. Vale ressaltar que devido as mídias não serem autorais do professor-pesquisador, foi solicitado junto ao detentor dos direitos das mídias, a autorização para uso e compartilhamento das referidas. Deste modo, o *link* para o acesso à videoaula é descrito a seguir: <https://www.youtube.com/watch?v=A8HSV2RPLss&t=26s>. Essa atividade fez referência à atividade 04 descrita no Quadro 1. Após sua aplicação, foi possível analisar uma discreta adesão por parte dos alunos que assistiram as videoaulas na sua totalidade. Dos 21 alunos participantes, 10 (47,6%) deles assistiram toda a videoaula, enquanto 1 aluno (4,8%) conseguiu visualizar 20% do conteúdo e 10 alunos (47,6%) não visualizaram a videoaula. Esses alunos, quando questionados por não terem assistido, alegaram a falta de tempo devido ao trabalho em contraturno escolar, a baixa qualidade de sinal de *internet* por residir em área rural e dificuldades de utilização do aplicativo. Vale ressaltar que o uso do aplicativo foi explicado pelo professor-pesquisador à todos os alunos mas, mesmo assim, foi identificada a dificuldade do uso de tecnologias pelos alunos.

No encontro seguinte, foi realizada uma roda de conversa/grupo de estudo como atividade 05, conforme o Quadro 1. Sendo que os alunos foram dispostos de modo que ficassem em formato de “roda” na sala de aula Durante essa atividade, os alunos

compartilharam as dificuldades encontradas, após assistirem à videoaula na sala de aula invertida (atividade 04). Nesse momento, o professor-pesquisador esclareceu as dúvidas trazidas pelos alunos e buscou consolidar os conteúdos que foram estudados pela videoaula. A atividade pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 - Roda de conversa/grupo de estudo sobre isomeria constitucional.



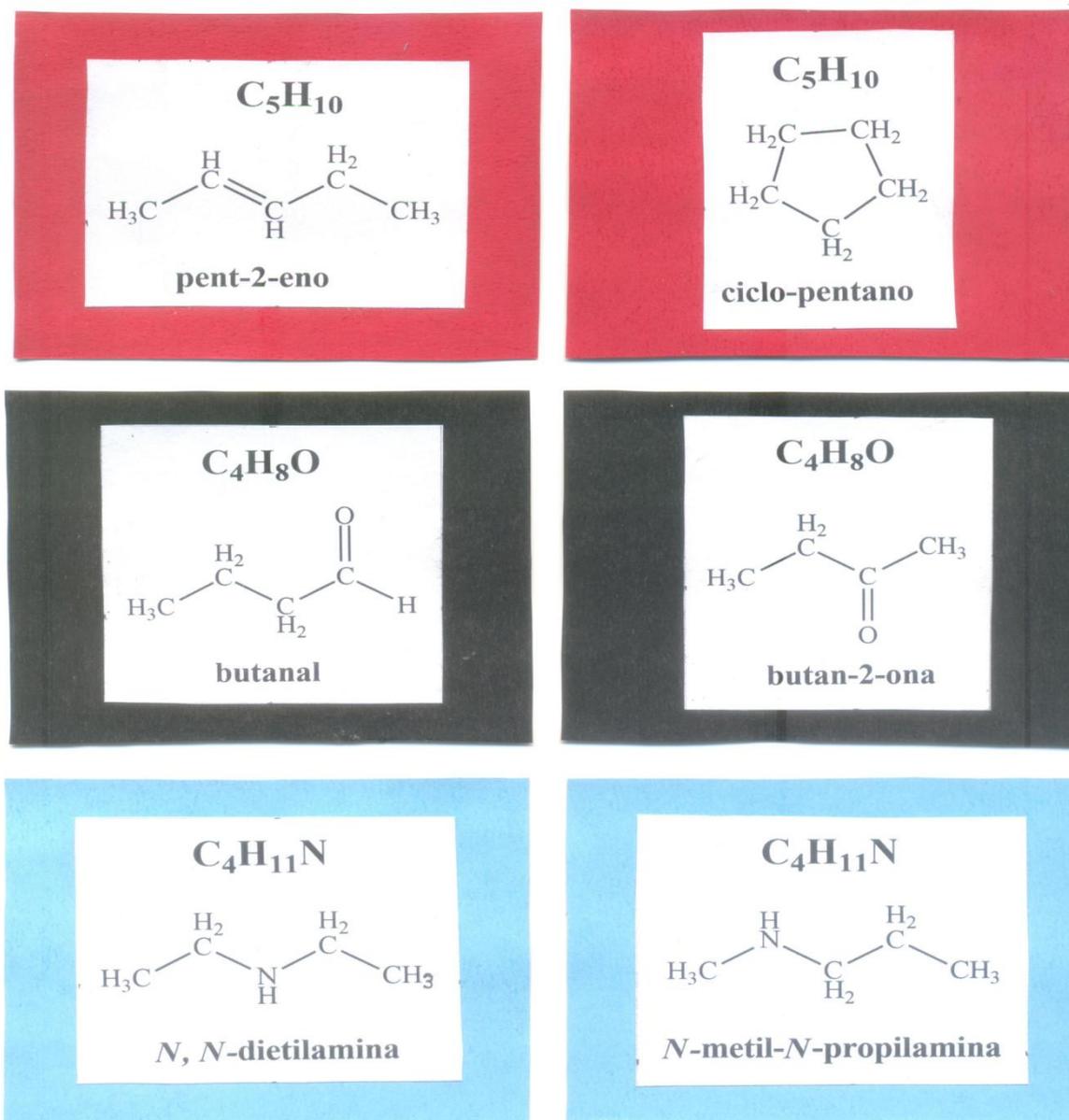
Fonte: Do autor (2023).

Para consolidar e expandir ainda mais os conhecimentos adquiridos, foram implementadas atividades no submodelo de Rotação por Estações.

Na atividade 06, aplicando-se o submodelo de rotação por estações (Estação 01), foi elaborada uma proposta de atividade lúdica semelhante ao jogo de memória, denominado “Pareando Isômeros”. Como uma alternativa simples, utilizando-se de materiais de baixo custo de fácil aquisição, o jogo “Pareando Isômeros” acabou sendo elaborado em papel cartão de 5 diferentes cores (marrom, amarelo, verde, vermelho e preto), totalizando 10 cartas retangulares de dimensões 10,5x8,0 cm. Para cada uma das cores, foram demarcadas com lápis duas cartas nas dimensões citadas anteriormente e, posteriormente, as mesmas foram recortadas com o auxílio de uma tesoura. Para esse procedimento, recomenda-se o uso de tesoura de ponta arredonda para evitar acidentes. Cada par de cartas da mesma cor, continha as fórmulas e estruturas moleculares dos isômeros impressos e coladas, referentes a uma das 5 classes da isomeria constitucional (Figura 10). Tanto as fórmulas quanto as estruturas moleculares foram elaboradas, utilizando-se do programa *ChemDraw Pro* - versão 12.0.2. As 5 classes da isomeria constitucional (função, cadeia, ligação, metameria e tautomeria) foram exploradas. Os isômeros abordados nos jogos foram: butan-1-ol/butan-2-ol e 1,2-dimetil-ciclo-hexano/1,4-dimetil-ciclo-hexano (isomeria de posição); butanal/butan-2-ona (isomeria de

função); ciclo-pentano/pent-2-eno (isomeria de cadeia); N-metil-N-propilamina/N,N-dietilamina (metameria) e propanal/propenol (tautomeria).

Figura 10 - Cartas representativas do jogo da memória “Pareando Isômeros”.



Fonte: Do autor (2023).

O verso das cartas foi mantido em papel cartão original, ficando todas igualmente padronizadas, de modo não ser possível distinguir os pares dos isômeros pelas cores das cartas (Figura 11).

Figura 11 - Cartas do jogo de memória – “Pareando Isômeros”.

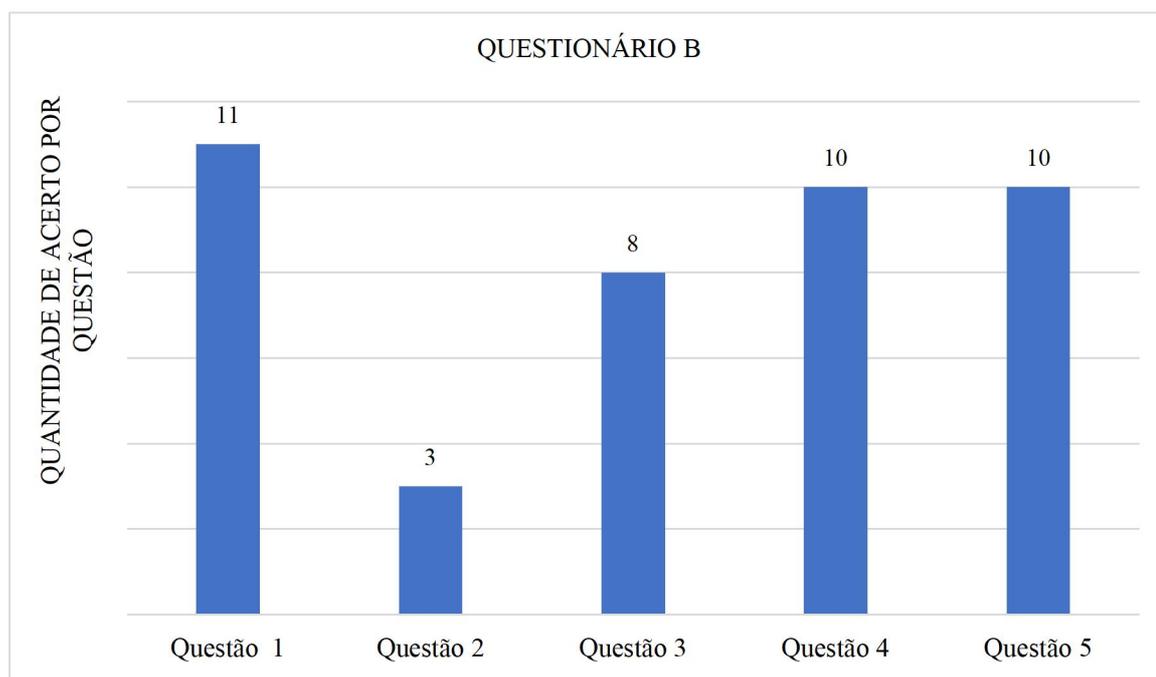


Fonte: Do autor (2023).

O Questionário B (APÊNDICE B) aplicado na Rotação por Estação 02, teve como objetivo avaliar o ensino do conteúdo de isomeria constitucional aos alunos. Esse questionário foi elaborado contendo 05 questões extraídas de exames de vestibulares e ENEM, e aplicado no formato do *Google Forms*. Os alunos não reportaram nenhuma dificuldade em acessar o Questionário B, pelo *link* disponibilizado pelo *WhatsApp*. Essa atividade foi realizada em sala de aula e monitorada pelo professor-pesquisador para que não houvessem compartilhamento de respostas das questões entre os alunos. Por motivo de ausência de alunos no dia de aplicação do Questionário B, participaram 16 dos 21 alunos participantes da pesquisa.

A Figura 12, mostra o resultado da análise das respostas dos alunos em relação ao Questionário B.

Figura 12 - Análise das respostas dadas pelos alunos em relação ao Questionário B.



Fonte: Do autor (2023).

Após a análise das respostas do Questionário B, foi possível notar que obtiveram um bom rendimento relacionado à aprendizagem de isomeria constitucional, alcançando um número de acertos maior que 50%, na maioria das questões. As questões 01, 04 e 05 foram as que os alunos mais acertaram, correspondendo a 68, 62 e 62%, respectivamente. A questão 03 atingiu um índice de 8 (50%) de respostas corretas. No entanto, a questão 02, que tratava de isomeria de função, apenas 3 alunos (18%) responderam corretamente. Isso evidenciou uma fragilidade conceitual mais relacionada ao reconhecimento de funções orgânicas do que em relação ao conteúdo de isomeria de função propriamente dito, uma vez que a maioria dos alunos não respondeu a questão corretamente. O primeiro composto isomérico (responsável por exalar o odor de cabras) apresenta a função ácido carboxílico e, o outro isômero (responsável pelo odor de morango), trata-se de um éster. Esse fato desperta a atenção para que o conteúdo sobre as funções orgânicas seja abordado antes de que a isomeria constitucional seja apresentada aos alunos.

5.4 Isomeria geométrica

Os estudos sobre isomeria geométrica foram iniciados através da aplicação do submodelo de sala de aula invertida (atividade 07, Quadro 1). Para isso, os alunos receberam

o *link* (https://www.youtube.com/watch?v=2K_Bu_0RsLM) através do *WhatsApp* para acessar a videoaula disponibilizada no aplicativo *Edpuzzle*, também pode ser acessado . Com esse recurso, os alunos puderam visualizar a videoaula quantas vezes fossem necessárias e de qualquer lugar, utilizando dispositivos como computadores, celulares ou *tablets* com acesso à *internet*.

Nesta atividade, foi identificada uma diminuição da adesão à videoaula da videoaula disponibilizada, comparado com a atividade aplicada nos estudos sobre isomeria constitucional. Dentre os 21 alunos participantes da sala virtual “Isomeria” no *Edpuzzle*, 42,9% (9 alunos) assistiram à videoaula completamente, 12 alunos (57,1%), assistiram da videoaula e o restante. Os alunos que não assistiram à videoaula completamente, quando questionados sobre o motivo de não terem realizado a atividade, as respostas indicaram a falta de tempo devido ao trabalho em contraturno escolar, a baixa qualidade de sinal de *internet* por residir em área rural e a dificuldade de adaptação por não conhecer o aplicativo. É importante destacar que os alunos receberam orientações constantes não apenas para assistir às videoaulas, mas também para buscar livros físicos na biblioteca da escola.

Posteriormente à atividade da sala de aula invertida, foi realizada a roda de conversa/grupo de estudo (atividade 08, Quadro 1). Nesse momento, as aulas presenciais foram suspensas devido ao aumento de casos de COVID-19 entre professores, servidores e alunos. Como alternativa, as atividades foram realizadas de forma remota e síncrona, utilizando a plataforma *Microsoft Teams*, adotada pela instituição. Durante o desenvolvimento da pesquisa sobre isomeria geométrica, as dúvidas dos alunos foram discutidas em grupo, envolvendo toda a turma e o professor-pesquisador. Essa discussão teve como objetivo esclarecer as dúvidas e aprofundar o tema em questão. A Figura 13 mostra a interface da plataforma *Microsoft Teams* utilizada para a realização dessa atividade síncrona.

Figura 13 - Interface da plataforma *Microsoft Teams* utilizada na roda de conversa/grupo de estudo realizada de forma síncrona.



Fonte: Do autor (2023).

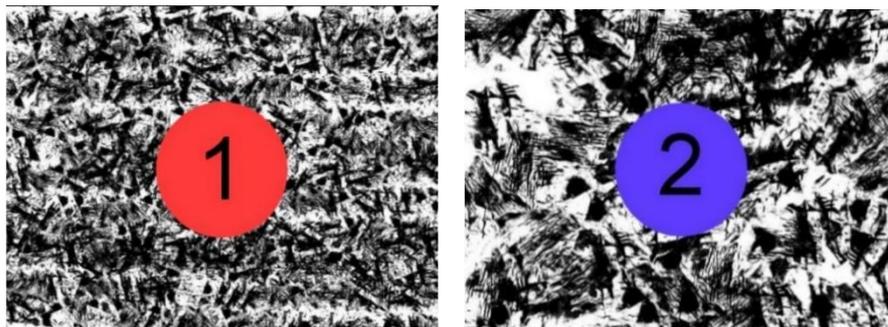
É importante salientar que, durante as atividades de "roda de conversa/grupo de estudo", o professor-pesquisador observou a necessidade de abordar os conteúdos tratados na sala de aula invertida. Essa medida teve como objetivo auxiliar os alunos que apresentaram alguma dificuldade no cumprimento da atividade *on-line* e para que não fossem prejudicados nas atividades subsequentes. Essa atividade ocorreu de forma presencial, na qual foi observada uma maior interação entre os alunos, assumindo o protagonismo da aprendizagem, por meio dos questionamentos e troca de conhecimentos por vezes realizados pelo professor-pesquisador e ora pelos alunos.

Em uma aula presencial e posterior à roda de conversa/grupo de estudo, buscando-se reforçar os conteúdos importantes envolvidos sobre o assunto, foi desenvolvida a atividade no submodelo de Rotação por Estações. Na Rotação por Estação 01, foi utilizado como abordagem pedagógica a Realidade Aumentada (RA) tendo como aporte didático o aplicativo “*Isomère Z/E*”. Considerando-se a turma de alunos dividida em 2 grupos, o professor pesquisador solicitou que um aluno de cada grupo fizesse o *download* do aplicativo “*Isomère Z/E*”, disponível no *Play Store* do sistema operacional *Android*. Cada grupo foi orientado com relação ao uso do aplicativo sobre a realidade aumentada (RA). De acordo com Pereira (2022), o uso da RA pode contribuir muito com a educação na medida em que uma imagem estática em um material didático pode adquirir movimento e interatividade através da RA. Essa ilustração, diante do olhar do aluno, diminui o grau de abstração e aproxima-o de modelos científicos, que muitas vezes estavam restritos apenas à imaginação. Segundo Tori:

A RA abre inúmeras possibilidades de aplicação, como os jogos que unem a flexibilidade proporcionada pelo computador e a liberdade de movimentos dos espaços reais, ou como as ferramentas educacionais que projetam imagens sobre os objetos ou sobre o próprio corpo humano, simulando um raio X virtual (TORI, 2010, p. 157).

Para o uso do aplicativo é necessário que o dispositivo móvel possua sistema operacional *Android* 4.4 ou superior de acordo com a loja virtual onde é possível fazer o *download* do mesmo. O aplicativo disponibiliza 12 marcadores, sendo que a impressão pode ser feita em papel A4. Vale destacar que a impressão dos marcadores é opcional pois, basta um dispositivo para reproduzir um marcador na tela e outro disposto com o aplicativo aberto e com uso da câmera fotográfica, para que a imagem aumentada seja reproduzida normalmente. A Figura 14 mostra alguns dos marcadores utilizados.

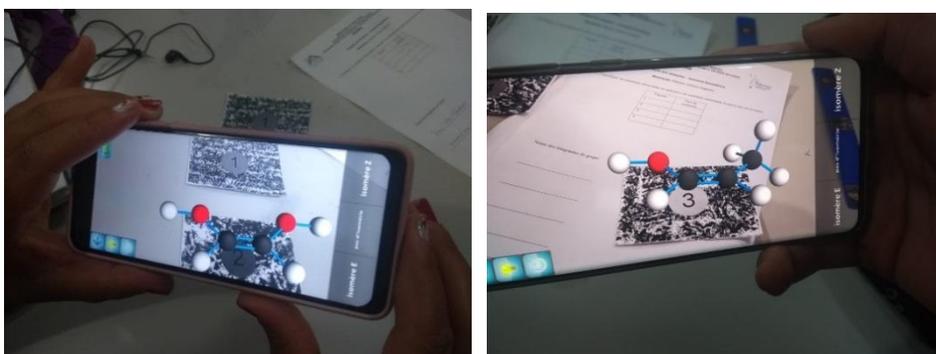
Figura 14 - Marcadores representativos do aplicativo “*Isomère Z/E*”.



Fonte: Do autor (2023).

Para cada grupo, foram distribuídos 4 marcadores e orientado para que apontassem a câmera do celular, para visualizar as estruturas moleculares em realidade aumentada (RA). Foi solicitado aos grupos que classificassem as estruturas observadas em Z (cis) ou (E) trans, à medida que as imagens eram observadas nas telas dos celulares (Figura 15). As respostas obtidas pelos dois grupos foram anotadas em uma folha de sulfite e entregues ao professor-pesquisador.

Figura 15 - Uso do aplicativo “*Isomère Z/E*” .

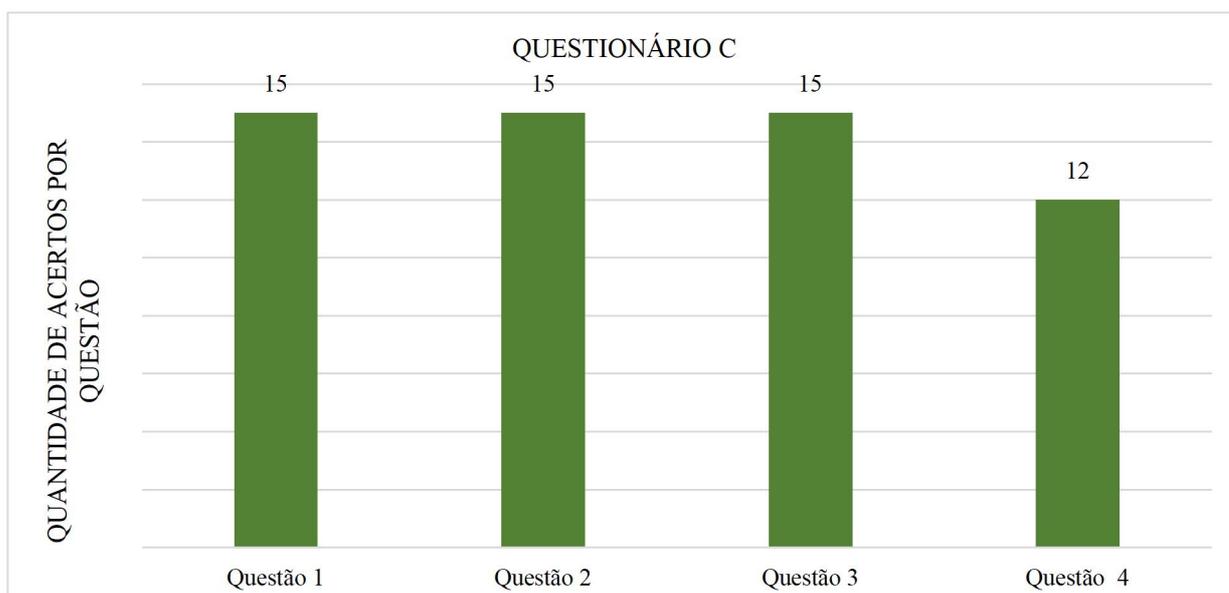


Fonte: Do autor (2023).

Após a análise das respostas, ambos os grupos obtiveram 100% de acerto. Estes resultados corroboram com os obtidos por Irwansyah e colaboradores (2018), que elucidaram o desenvolvimento de aplicativos de RA para o ensino de geometria molecular, relatando que o aplicativo é um recurso didático viável a ser utilizado nas aulas de Química, resultando em 92,5% de melhoria na compreensão do conteúdo pelos alunos. Vale ressaltar a boa aceitação em relação ao uso do aplicativo, o qual se utiliza da realidade aumentada (RA) aplicada na rotação por estações.

Para avaliar o ensino de isomeria geométrica aos alunos, foi elaborada uma segunda atividade pedagógica de acordo com o submodelo de rotação por estações, envolvendo a aplicação *on-line* do Questionário C, contendo 04 questões extraídas de exames de vestibulares (APÊNDICE C). Este questionário foi aplicado via *Google Forms*, cujo *link* de acesso foi disponibilizado aos alunos no grupo de *WhatsApp*. Participaram desta atividade 16 alunos. A quantidade de acertos por questão pode ser observada na Figura 16.

Figura 16 - Análise das respostas dadas dos alunos em relação ao Questionário C.



Fonte: Do autor (2023).

De acordo com os resultados obtidos e representados na Figura 16, observou-se o acerto de 75% nas respostas da questão 04, sendo que para as demais (questões 01, 02 e 03), a porcentagem de respostas corretas foram iguais a 94%. O menor índice de acertos para a questão 04 pode estar relacionado a maior complexidade da estrutura molecular e tamanho da cadeia carbônica bem como à representação da insaturação que não se encontra na orientação horizontal, como de costume. Os resultados evidenciaram uma boa aprendizagem em relação ao conteúdo de isomeria geométrica, em função dos elevados percentuais de acerto das questões do Questionário C.

Houve uma boa aceitação em relação ao uso do aplicativo “*Isomère Z/E*” que se utiliza de Realidade Aumentada (RA) aplicada ao ensino de isomeria geométrica. Todos os alunos expressaram surpresa e curiosidade no aplicativo utilizado e voltado para o ensino do conteúdo de isomeria geométrica. O aplicativo “*Isomère Z/E*” aplicado na rotação por estação contribuiu significativamente para a compreensão e aprendizagem de isomeria geométrica por

parte dos alunos, o que, conseqüentemente, levou à obtenção de um maior e ótimo índice de acertos das questões do Questionário C.

No que se refere à Realidade Aumentada, de acordo com Leite (2020), é uma tecnologia emergente que renderiza objetos virtuais bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) e permite que as pessoas interajam com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo.

Irwansyah e colaboradores (2018) elucidam sobre o desenvolvimento de aplicativos de RA para o ensino de geometria molecular, relatando que o produto desenvolvido apresentou-se viável para ser utilizado nas aulas de Química, ocasionando a melhoria da compreensão do conteúdo de no mínimo 92% dos alunos.

5.5 Contextualizando o ensino de isomeria óptica

Para iniciar o estudo dos conteúdos de isomeria óptica, foi realizada em sala de aula uma leitura do texto relacionado ao medicamento Talidomida (RODRIGUES, 2020). Essa atividade 10 (Quadro 2) teve como objetivo contextualizar a tragédia ocorrida devido ao uso do medicamento, destacando a importância do conhecimento em Química para compreender o problema em questão.

Quadro 2 - Texto trabalhado com os alunos sobre o medicamento Talidomida.

A MÉDICA QUE SALVOU UMA GERAÇÃO DE BEBÊS DA TRAGÉDIA DA TALIDOMIDA NOS EUA

Margarita Rodríguez - BBC News Mundo - 15 julho 2020

O "não" que a médica Francesa Oldham Kelsey disse a uma empresa em 1960 foi um dos mais poderosos da história da indústria farmacêutica. Com sua negativa, ajudou a "salvar talvez milhares de pessoas da morte ou da invalidez durante a vida", afirmou a Agência Americana de Drogas e Alimentos (FDA, na sigla em inglês).

Quando a médica começou a trabalhar nessa organização, ela recebeu algo que parecia um pedido de "fácil" encaminhamento. Tratava-se de um remédio que inicialmente havia sido comercializado como sedativo na Europa, no fim dos anos 1950, e depois para aliviar náuseas durante a gravidez. Nos anos 1960, o medicamento era acessível em dezenas de países. Mas, Kelsey impediu sua venda nos Estados Unidos porque não estava satisfeita com as evidências apresentadas sobre sua segurança para uso. Vários meses depois viria à público um terrível vínculo que a comunidade científica internacional desconhecia: a Talidomida causava danos graves aos fetos. Foram ao menos 10 mil crianças que nasceram com diversas malformações. Alguns sem braços, outros sem pernas. Muitos outros morreram no útero. No Brasil, centenas de crianças foram atingidas pela tragédia. A Talidomida atingiu

famílias em mais de 45 países.

SENHORA OLDHAM

A paixão pela ciência levou Kelsey, que nasceu no Canadá em 1914, a especializar-se em farmacologia. Quando terminou seu mestrado em 1935, um de seus professores na Universidade McGill, em Montreal, a incentivou a se candidatar a uma vaga de assistente de pesquisa na Universidade de Chicago, nos EUA. O professor Eugene Geiling, que havia criado o departamento de farmacologia, enviou a ela uma carta de aceitação com um erro: a mensagem se dirigia ao "senhor Oldham". O acadêmico havia confundido o nome Frances pelo masculino Francis, segundo relata o obituário de Kelsey publicado no jornal "Washington Post", em 2015, quando ela morreu, aos 101 anos. A carta fez a jovem cientista hesitar: "Naqueles dias, quando uma mulher aceitava um emprego, isso a fazia sentir que estava privando um homem de sua capacidade de sustentar sua esposa e filho", refletiu a cientista em uma entrevista ao jornal "The New York Times". "Mas meu professor disse: Não seja estúpida. Aceite o trabalho, assine com seu nome e acrescente senhora entre parênteses. "Anos depois, Kelsey ria do episódio e dizia que se o nome dela fosse Elizabeth ou Mary Jane, sua carreira poderia ter terminado por aí.

Na Universidade de Chicago, Kelsey lançaria luz sobre "os perigos da negligência na supervisão de remédios", conta Stephen Phillips, em "Como uma médica-cientista salvou os EUA de uma catástrofe de malformações", segundo texto publicado pela própria instituição. Como estudante de pós-graduação em 1937, Kelsey desempenhou um papel-chave em outro caso histórico de regulação de remédios no século 20. Ela ajudou o professor Eugene Geiling a investigar a morte de 107 pessoas em diferentes regiões dos EUA. Tudo apontava, segundo o Washington Post, para um remédio que combatia infecções causadas por estreptococos. Embora não tivesse sido submetido aos testes de segurança necessários, o medicamento já era comercializado. "Muitos dos que tomaram o medicamento, incluindo um grande número de crianças, sofreram uma morte agonizante", lembrou o Washington Post. Geiling havia encomendado à pupila Kelsey que testasse o remédio em animais. Durante os experimentos, ela percebeu o efeito letal em camundongos. A tragédia levou o Congresso dos Estados Unidos a aprovar uma lei mais estrita para garantir que um medicamento fosse considerado seguro antes de chegar ao mercado. "Foi essa exigência que décadas depois levaria a médica Kelsey, então funcionária da FDA, a negar-se a aprovar a comercialização da Talidomida até que a fabricante provesse as evidências necessárias para garantir sua segurança", afirmou a FDA à BBC News Mundo, o serviço em espanhol da BBC.

BOA DEMAIS PARA SER VERDADE

Na Universidade de Chicago, Kelsey não apenas trabalhou como pesquisadora, mas também como professora. Lá, ela também se formaria como médica e conheceria seu marido F. Ellis Kelsey, outro cientista que ajudou a impedir que a Talidomida fosse comercializada no país. Em 1960, seu tutor Eugene Geiling trabalhava na FDA e não hesitou em contratar Kelsey. Apenas um mês depois de ocupar seu novo cargo, a médica "foi designada para revisar uma solicitação de venda de um medicamento que ajudava a dormir, que já era amplamente prescrito em outros países para enjoos da gravidez, entre outras condições", afirmou Phillips, autor do texto sobre Kelsey no site da Universidade de Chicago. Segundo ele, Kelsey lembrava-se claramente de sua primeira reação ao ver a apresentação da empresa William S. Merrell sobre a droga. "Era positiva demais. Não poderia ser a droga perfeita, sem riscos. "A Merrell tentava lançar o produto que havia sido criado pela empresa

farmacêutica alemã Chemie Grunenthal. Em entrevista à Universidade de Victoria, no Canadá, Kelsey afirmou que "todos nós sentimos que a solicitação inicial era inadequada" porque não demonstrava sua segurança. A especialista lembrou que surgiu uma discussão sobre quais informações os representantes da empresa poderiam ter "sobre a segurança do medicamento durante a gravidez". Embora a farmacologista tenha se tornado a figura central no caso, especialmente depois de uma reportagem do Washington Post que elogiou seu "ceticismo e tenacidade (...) para evitar o que poderia ter sido uma terrível tragédia americana", Kelsey sempre compartilhava o crédito com seus superiores e os outros dois membros da equipe: o farmacologista Oyam Jiro e o químico Lee Geismar.

IMPACTO NOS FETOS

Nos anos 1950, os cientistas e os profissionais de saúde não sabiam que um remédio poderia ultrapassar a barreira placentária e causar danos aos fetos, por isso não havia controle estrito de medicamentos durante a gravidez. A farmacêutica Merrell, como outras companhias à época, não havia testado a Talidomida em animais prenhes. Mas Keyser, que já havia estudado como medicamentos atingiam fetos, considerou que a farmacêutica parecia se basear mais em depoimentos do que em resultados de estudos bem desenhados ou provas clínicas. Por isso pediu mais informações antes de autorizar ou não sua comercialização nos EUA. A companhia apresentou mais dados e, ao mesmo tempo, começou uma pressão pública contra Kelsey, com cartas, telefonemas e visitas de executivos da Merrell. Ela foi chamada de exigente, teimosa e irracional, segundo o obituário dela no jornal The New York Times. A pesquisadora manteve sua postura de rejeitar as evidências apresentadas pela Merrell até que algo determinante aconteceu. Em fevereiro de 1961, ela leu um artigo na revista especializada British Medical Journal no qual um médico relatava efeitos adversos em braços e pernas de pacientes associados à Talidomida. Isso não apenas aumentou a preocupação de Kelsey como também a levou a pedir provas de que o remédio não era danoso aos fetos. Meses depois viriam à público relatos devastadores na Europa e na Austrália. Após diversas tentativas, a Merrell desistiu de entrar no mercado americano.

CASOS NO EUA

O medicamento nunca foi comercializado oficialmente nos EUA, mas o país não ficou imune à tragédia. Segundo a FDA, quase 20 crianças americanas haviam nascido com efeitos colaterais da Talidomida porque o remédio foi distribuído legalmente para fins de pesquisa. Quando os casos emergiram em outros países, as autoridades sanitárias correram para recolher os remédios distribuídos. O caso da Talidomida levou os EUA a aprovarem uma legislação mais rigorosa para regular medicamentos. "Houve mudanças na lei, e um dos requisitos era que, antes que um medicamento fosse comercializado, era preciso mostrar não apenas que era seguro como também eficaz para seu objetivo", lembrou Kelsey em entrevista à Universidade de Victoria. Depois do que aconteceu com a Talidomida, entre 1960 e 1990 cada vez mais países começaram a adotar procedimentos científicos elaborados pela FDA, afirmou Carpenter, de Harvard, autor do livro Reputação e Poder: Imagem Organizacional e Regulação Farmacêutica na FDA.

O QUE ACONTECEU COM A TALIDOMIDA

Segundo o Museu de Ciência do Reino Unido, os pesquisadores da farmacêutica Grunenthal, que fabricava o medicamento na Alemanha na década de 1950, haviam feito

testes e afirmaram que havia sido "praticamente impossível chegar a uma dose letal do medicamento" nos estudos com animais. Em grande parte, isso serviu de base para considerar a droga "inofensiva para os humanos". Ocorre que muitas substâncias que não são tóxicas para camundongos, por exemplo, podem ser danosas para outros mamíferos. E mesmo aquelas que são inócuas para vários animais podem se revelar extremamente tóxicas para os seres humanos. E foi a partir dessa constatação que se estabeleceu boa parte do protocolo de testagem de medicamentos em vigor até hoje. Por isso, uma nova droga, para ser aprovada, precisa ser testada em pelo menos três diferentes animais e também nos seres humanos – em nada menos que quatro fases, em geral. O medicamento foi vendido em 49 países e levou cinco anos para que fosse estabelecida uma conexão entre a Talidomida tomada por grávidas e o impacto em seus filhos. Ela só foi retirada do mercado em 1961. No Brasil, vítimas da Talidomida ganharam direito a indenizações pelo governo brasileiro em 2010. O governo foi responsabilizado porque, diferentemente de outros países, que retiraram a droga de circulação em 1961, o Brasil só suspendeu o uso do medicamento para este fim quatro anos depois.

Fonte: Margarita Rodríguez (2020) - modificada.

Após a leitura do texto sobre o medicamento Talidomida, foram abordadas algumas questões com os alunos, tais como se algum deles já havia ouvido falar sobre o medicamento e sua tragédia, considerada a maior da história da medicina. Surpreendentemente, todos os presentes relataram que nunca haviam tido conhecimento sobre o medicamento ou seus efeitos. Esse desconhecimento dos alunos está relacionado ao fato de que não haviam tido qualquer conhecimento relacionado ao conteúdo químico de isomeria. Considerando-se os fatos relacionados à Talidomida, os alunos foram questionados sobre o que pensavam sobre o medicamento ter sido responsável por tamanha tragédia. Esse questionamento causou um momento de grande debate entre os alunos, sendo várias vezes retomado o texto citado acima em relação à força da indústria farmacêutica e a coragem da pesquisadora OLDHAM. Alguns alunos verbalizaram que a mesma teve a "sorte de não ter sido calada" bem como no entendimento de alguns alunos, eles acreditam que existam medicamentos que possam curar o câncer e outras doenças complexas. Porém, nas palavras dos alunos, o objetivo da indústria farmacêutica é a de prolongar a vidas desses pacientes tornando-os dependentes de medicamentos muito "caros", garantindo "lucros incalculáveis". Outro questionamento feito tratou-se da prática da automedicação, sendo constatado que todos os alunos afirmaram já terem se automedicado em algum momento. Foi relatado também que a maioria deles não leu a bula dos medicamentos utilizados para o seu uso adequado, desconhecendo possíveis efeitos colaterais e contraindicações.

Em outro momento deu-se continuidade nas atividades com a sala de aula invertida tratando do conteúdo de isomeria óptica. Para isso, na sala de aula invertida, foram disponibilizados aos alunos o *link* da videoaula (<https://www.youtube.com/watch?v=2xj2nR1lg70&t=38s>) no grupo de *WhatsApp* pelo aplicativo *Edpuzzle* relacionando os conceitos básicos a respeito do conteúdo de isomeria óptica e polarimetria (Atividade 10, Quadro 1). Também foi disponibilizado um vídeo detalhando sobre a tragédia na medicina relacionada ao uso do medicamento Talidomida. Dentre os 21 alunos participantes da sala virtual “Isomeria” no *Edpuzzle*, 4 alunos (19,0%) assistiram à videoaula completamente, 1 aluno (4,8%) assistiu a 50% da videoaula e 16 alunos (76,2%) não assistiram a videoaula. É relevante considerar que a sala de aula invertida era até então uma prática pedagógica desconhecida para os alunos participantes da pesquisa, o que representou um desafio a ser superado. Esse fato pode justificar a variação com relação à assiduidade dos mesmos no desenvolvimento dessa atividade. Entretanto, existem alternativas para que a adesão possa ser maior, sendo elas por exemplo, solicitar que o aluno faça um resumo da videoaula para ser discutido no momento da roda de conversa/grupo de estudo, bem como editar os vídeos no próprio *Edpuzzle* adicionando questões relacionadas ao tema estudado para que o aluno possa responder.

A próxima atividade foi destinada a aplicação da roda de conversa/grupo de estudo tratando da isomeria óptica. Houve a necessidade da suspensão das aulas presenciais por conta do número elevado de professores, servidores e alunos infectados pela COVID-19, sendo novamente necessário que essa atividade fosse desenvolvida de forma assíncrona através da plataforma *Microsoft Teams*. A Figura 17 mostra a interface da plataforma *Microsoft Teams* utilizada para a realização dessa atividade síncrona.

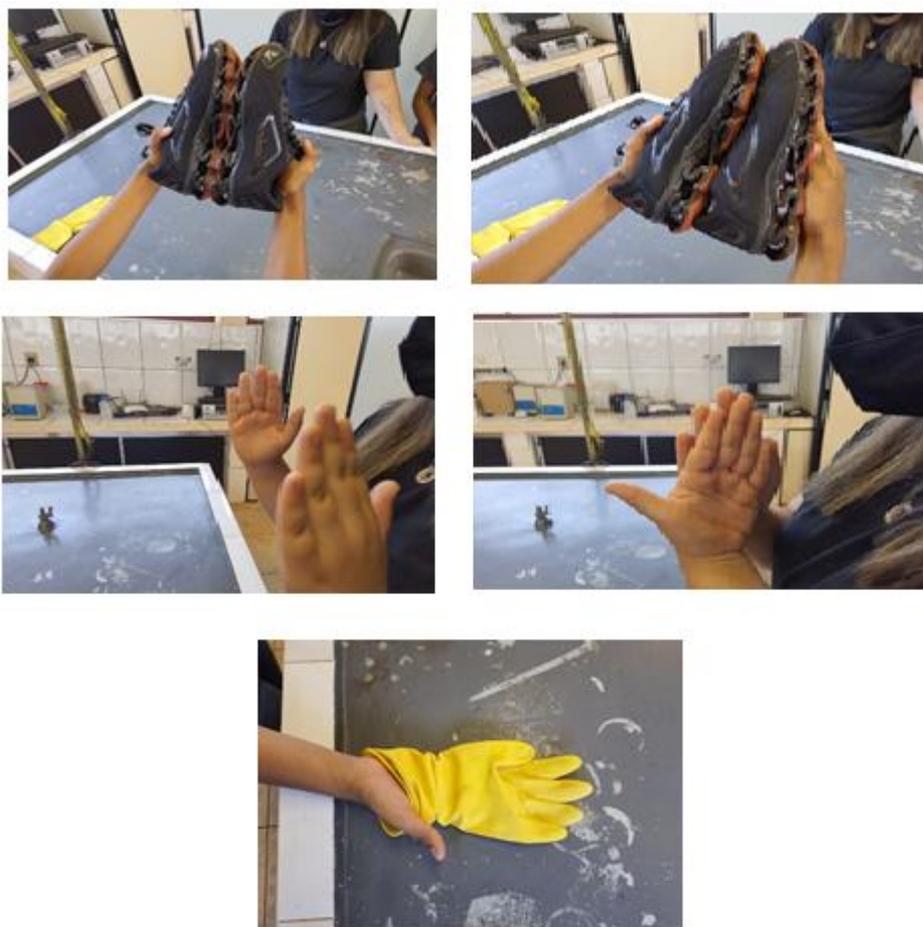
Figura 17 - Interface da plataforma *Microsoft Teams* utilizada na roda de conversa/grupo de estudo de isomeria óptica.



Fonte: Do autor (2023).

Aplicando-se o submodelo de rotação por estações (Estação 01, atividade 12), os alunos foram levados ao laboratório de química, onde foi discutido com eles a quiralidade de objetos comuns, (tênis, luvas, mãos) com o objetivo de solidificar os conhecimentos acerca da isomeria óptica (carbono quiral, enantiômeros), trazendo novamente a situação problema (Talidomida). A turma foi dividida e 4 grupos denominados A, B, C e D, respectivamente. Foi solicitado que cada grupo designasse um integrante para criar a imagem espelhada de um par de tênis e das mãos. Em seguida, foi pedido que tentassem sobrepor as imagens das mãos e do par de tênis. Além disso, um membro do grupo vestiu uma luva da mão esquerda na mão direita para ilustrar na prática a ideia dos enantiômeros, conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Propriedade da quiralidade em objetos comuns.



Fonte: Do autor (2023).

Em seguida, os grupos se deslocaram para o laboratório de informática da escola. O professor compartilhou um *link* na plataforma de bate-papo em grupo do *WhatsApp* chamado "Isomeria", que direcionava para a plataforma "*Jigsaw Planet*". Essa plataforma permite a

criação de quebra-cabeças *on-line*, acessíveis a qualquer pessoa que tenha o *link*. Na plataforma, é possível transformar qualquer tipo de imagem em quebra-cabeças, desde os mais simples até os mais complexos. Além disso, é possível controlar o tempo gasto para concluir o jogo. Na atividade, foi preparada uma imagem da molécula de Talidomida e através da plataforma "*JigSaw Planet*", solicitou-se a criação de um quebra-cabeça de 48 peças, disponibilizando um tempo de 15 minutos aos alunos para montarem o quebra-cabeça. Além disso, eles deveriam escrever em uma folha, que seria entregue ao professor, indicando o carbono quiral. A Figura 19 apresenta a interface da plataforma "*JigSaw Planet*".

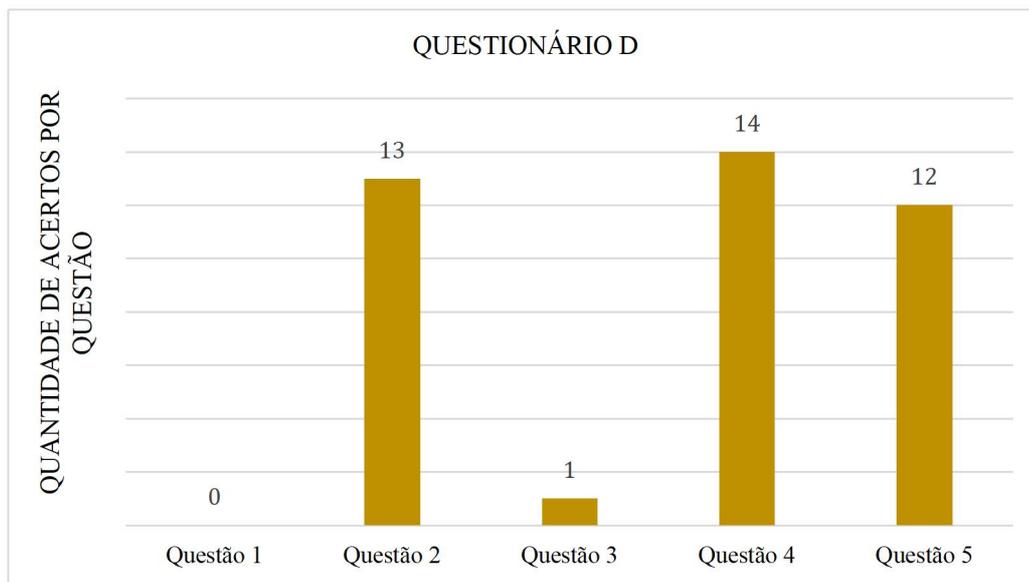
Figura 19 - Interface da plataforma "*JigSaw Planet*".



Fonte: Do autor (2023).

Na segunda estação por rotação (Estação 02, atividade 12), foi aplicado o questionário D com o objetivo de avaliar os alunos no que se refere à isomeria óptica, que contava com 5 questões extraídas de vestibulares e ENEM, utilizando o *Google Forms*. Participaram desta atividade 15 alunos, sendo que dentre aqueles que responderam corretamente à nenhuma, duas ou três questões foram 01 (7%), 02 (13%), 12 (80%) alunos, respectivamente.

A Figura 20 demonstra a quantidade de acertos por questão do Questionário D.

Figura 20 - Análise das respostas dadas pelos alunos em relação ao questionário D.

Fonte: Do autor (2023).

Em geral, as respostas obtidas após a aplicação do questionário D foram satisfatórias. Entretanto, foi possível observar que não houve um número significativo de acertos para as questões 01 e 03. Para a questão 01, não houve acerto de resposta por parte dos alunos. Em se tratando da questão 03, apenas um aluno respondeu corretamente. Uma justificativa relacionada ao resultado obtido para questão 01 remete à dificuldade dos alunos em compreender a estrutura molecular de um composto orgânico na sua forma tridimensional, estando ela representada na forma bidimensional (CORREIA *et al.*, 2010; TRINDADE *et al.*, 2020). Durante as rodas de conversa/estudo em grupo, os alunos relataram dificuldades na visualização de estruturas moleculares tridimensionais, assim como na compreensão de conceitos relacionados aos enantiômeros, moléculas simétricas e assimétricas e centro quiral. A representação plana das moléculas em duas dimensões, apesar de ser a mais utilizada, pode dificultar a identificação do carbono assimétrico ou quiral, uma vez que ele não é facilmente visualizado nessa forma de representação. Não se pode descartar também a possibilidade dos alunos não terem compreendido o conteúdo de carbono assimétrico ou quiral. Em se tratando da questão 03, além das dificuldades relatadas para as respostas da questão 01, o baixo índice de acertos pode estar relacionado também à dificuldade de nomenclatura e estrutura de radicais. Uma vez obtidos esses resultados, novamente foi trabalhado com os alunos o conteúdo e representação de centro quiral, visando sanar as dificuldades observadas nas respostas das questões 01 e 03.

De forma geral, de acordo com os resultados do questionário D, foi possível identificar a função educativa das atividades desenvolvidas em relação ao conteúdo de isomeria óptica, mostrando serem eficazes na construção do conhecimento sobre o tema abordado. É importante ressaltar o alerta de Maldaner (2000) de que é necessário promover um ensino dinâmico e contextualizado de Química, capaz de motivar os alunos pela curiosidade e participação ativa.

5.6 Avaliação da abordagem pedagógica empregada (Ensino Híbrido), do uso do *WhatsApp* e da experimentação realizada

Para melhor avaliar o conteúdo de isomeria e a abordagem pedagógica do Ensino Híbrido, os alunos opinaram sobre algumas afirmações, reunidas no Questionário E (Quadro 01, atividade 13), utilizando uma escala tipo Likert de 5 pontos (LIKERT, 1932). Os 5 pontos considerados no questionário tipo Likert foram: Comcordo plenamente (1), Concordo parcialmente (2), Não concordo nem discordo (3), Discordo parcialmente (4) e Discordo totalmente (5). Durante a aplicação do questionário, foi explicado aos alunos a importância da sinceridade nas respostas e que não existiam respostas certas ou erradas. Dos 21 alunos participantes da pesquisa, somente 16 responderam ao questionário. Analisadas as respostas dadas pelos alunos frente ao Questionário E, os resultados obtidos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Respostas do Questionário E a partir das análises dos alunos.

Afirmações	1	2	3	4	5
1. A forma com que foram desenvolvidas as atividades para a aprendizagem do conteúdo de isomeria, isto é, envolvendo atividades <i>on-line</i> , foi satisfatória.	13 (81,3%)	3 (18,7%)			
2. As diferentes atividades preparadas (videoaulas, textos, roda de conversa, estações por rotação) contribuíram para o aprendizado de isomeria.	15 (93,8%)	1 (6,2%)			
3. Tenho maior preferência pelas aulas tradicionais a ter que realizar os estudos com atividades <i>on-line</i> .	6 (37,5%)	7 (43,7%)	2 (12,5%)	1 (6,3%)	

Afirmações	1	2	3	4	5
4. O aplicativo <i>WhatsApp</i> contribuiu para estabelecer uma maior interação entre professor-aluno.	14 (87,5%)	1 (6,3%)	1 (6,2%)		
5. O uso do <i>WhatsApp</i> na perspectiva do Ensino Híbrido contribuiu para a minha aprendizagem sobre isomeria.	12 (75,0%)	3 (18,8%)			1 (6,2%)
6. O conhecimento sobre isomeria é importante, a ponto de evitar problemas de saúde ao ingerir um medicamento.	12 (75,0%)	2 (12,7%)	2 (12,7%)		
7. Eu compreendi melhor os conceitos químicos relacionados à isomeria quando tive o contato prévio com os materiais que foram disponibilizados para estudos, antes da aula presencial.	13 (81,2%)	3 (18,8%)			
8. Compreendo a correlação entre o conhecimento químico de isomeria e a causa da tragédia relacionada ao medicamento talidomida.	8 (50,0%)	4 (25,0%)	4 (25,0%)		

Fonte: Do autor (2023).

Os alunos responderam à afirmação 1 do Questionário E, e 13 deles (81,3%) concordaram plenamente que as atividades *on-line* foram satisfatórias, enquanto apenas 3 alunos (18,7%) concordaram parcialmente. A partir dessas respostas, pode-se concluir que a grande maioria aprovou a forma como as atividades foram desenvolvidas. Na afirmação 2, 93,8% dos alunos concordaram que as diferentes atividades realizadas contribuíram para o aprendizado em isomeria. Esses resultados indicam que a maioria dos alunos aceitou bem as atividades aplicadas e reconheceu que elas contribuíram significativamente para o processo de ensino e aprendizagem em isomeria.

A afirmação 3 do questionário referia-se à preferência dos estudos tradicionais em relação aos estudos *on-line*. No entanto, é importante lembrar que o termo "tradicional" deve ser usado com cuidado, pois pode remeter a um tempo em que não possuíamos tantas tecnologias como hoje em dia. As respostas obtidas foram as seguintes: 37,5% concordaram plenamente, 43,7% concordaram parcialmente, 12,5% foram indiferentes e 6,3% discordaram parcialmente. Esses resultados indicam que, apesar da grande aceitação do uso das TDIC, os

alunos ainda preferem aulas presenciais. No entanto, é importante destacar que as TDIC não devem ser vistas como a solução para os problemas da educação atual (FIORENTINI e LORENZATO, 2006).

Em se tratando da afirmativa 4, 87,5% concordaram plenamente que o aplicativo *WhatsApp* contribuiu para uma maior interação professor-aluno.

Após a análise das respostas obtidas na afirmativa 5 do questionário, que investigou se o uso do *WhatsApp* na perspectiva do Ensino Híbrido contribuiu para a aprendizagem sobre isomeria, verificou-se que 75,0% dos alunos concordaram plenamente, 18,8% concordaram parcialmente, enquanto apenas 6,2% discordaram totalmente. Assim, pode-se concluir que o aplicativo *WhatsApp* foi avaliado pelos alunos como uma ferramenta digital adequada para o ensino de isomeria, reforçando a importância das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem.

Os resultados obtidos da afirmação 6, mostram que 75,0% dos alunos concordam plenamente que o conhecimento sobre isomeria é importante, a ponto de evitar problemas de saúde ao ingerir um medicamento. A conscientização sobre a importância da propriedade de isomeria, muito está relacionada com todo o trabalho do professor-pesquisador em ter promovido discussões em sala de aula e disponibilizado diferentes materiais como, por exemplo, vídeo, texto e tendo promovido discussões com os alunos e por trazer relatos da tragédia relacionada ao não conhecimento dos isômeros da Talidomida na década de 1960.

Na afirmação 7, é observado que a utilização prévia dos materiais disponibilizados para estudo contribuiu para o melhor entendimento dos conceitos de isomeria, ressaltando a importância de preparar os alunos para a aula presencial.

Já na afirmação 8, é indicado que metade dos alunos concordaram plenamente sobre a correlação entre o conhecimento químico de isomeria e a causa da tragédia da Talidomida, destacando a importância do uso de exemplos reais e contextualizados em sala de aula. Diante desses resultados, é importante que o professor-pesquisador continue a utilizar práticas diferenciadas e contextualizadas, a fim de manter o interesse dos alunos pela química e possibilitar a aprendizagem significativa dos conteúdos abordados.

Após o desenvolvimento da presente pesquisa, o professor-pesquisador se sentiu motivado a continuar introduzindo práticas diferenciadas e contextualizadas em suas aulas para que os alunos tenham cada vez mais interesse pela química e possam aprender de forma significativa os conteúdos abordados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As TDIC estão cada vez mais acessíveis e presentes na vida da maioria dos alunos brasileiros do Ensino Médio e o uso deve ser melhor empregado e oportunizado no âmbito educacional de forma crítica, significativa, reflexiva e ética, permitindo-se ampliar a comunicação, o conhecimento e voltado para a construção de uma sociedade mais autônoma e justa. A utilização das TDIC aliada à modalidade do Ensino Híbrido muito contribuiu para os estudos do conteúdo de isomeria (constitucional, geométrica e óptica), sendo esse considerado muito complexo e de difícil compreensão por parte dos alunos. A abordagem do problema causado pelo medicamento Talidomida, trazida na pesquisa permitiu aos alunos compreender a importância de se ter conhecimentos sólidos na área da Química, para que problemas semelhantes possam ser evitados.

A sequência didática proposta para o ensino de isomeria por meio do Ensino Híbrido foi bem-sucedida, conforme evidenciado pelos resultados obtidos e pelas observações do professor-pesquisador. O uso dos aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle* como ferramentas de apoio durante as atividades mostraram-se adequados e eficientes, auxiliando muito o processo de ensino de isomeria por meio da abordagem do Ensino Híbrido.

Inicialmente, a principal dificuldade na abordagem pedagógica foi conscientizar os alunos a terem autonomia dos estudos, por meio da visualização completa das videoaulas. Por não se tratar de uma atividade rotineira na escola, onde a pesquisa foi realizada, a sala de aula invertida teve pouca adesão aos estudos, demandando maior período de tempo para que a prática se tornasse um hábito. Considerando que há um processo para que a mudança na rotina de estudo aconteça, até que os alunos se acostumem com a nova abordagem de ensino, deve-se ter o envolvimento de professores, de gestores de escolas e, principalmente, da família do aluno. A proposta de incluir atividades avaliativas como, por exemplo, a realização de exercícios, escrita de resumos sobre os conteúdos das videoaulas pode ser também uma forma de minimizar esse problema. Durante a realização da pesquisa, os alunos se adaptaram ao uso das TDIC para estudar *on-line*, seguindo o modelo de sala de aula invertida.

Com relação à aplicação da abordagem pedagógica híbrida no ensino de isomeria, foi observada melhora no diálogo entre os alunos e com o professor-pesquisador. Isso ajudou o professor a identificar as dificuldades de aprendizagem e encontrar soluções para elas, uma vez que os alunos tiveram mais oportunidades de compartilhá-las. As atividades baseadas nos submodelos de sala de aula invertida e laboratório rotacional proporcionaram maior

participação dos alunos durante as aulas, além do desenvolvimento da autonomia e da responsabilidade para a construção do próprio conhecimento.

O produto educacional desenvolvido mostrou-se adequado, pertinente e está alinhado ao contexto tecnológico em que os alunos estão inseridos. O material produzido foi capaz de fornecer uma abordagem pedagógica diferenciada e coerente para o ensino dos conceitos sobre isomeria, proporcionando uma aprendizagem lógica, diversificada e contextualizada. Dessa forma, o objetivo principal não foi apenas fazer com que os alunos memorizassem as informações, mas sim que elas fossem compreendidas e fizessem sentido a eles.

No modelo de atividade proposto, o papel do professor foi o de mediador, permitindo que os alunos desenvolvessem autonomia em seu processo de ensino e aprendizagem. O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa possibilitou a criação de um produto educacional em forma de sequência didática, que pode ser utilizado por outros professores como recurso no ensino de isomeria. Esse produto educacional foi desenvolvido com o intuito de fornecer uma abordagem lógica, diversificada e contextualizada para os alunos, de modo que os conteúdos não sejam apenas memorizados, mas sim, compreendidos de forma significativa.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. L.; PORTO, C.; OLIVEIRA, K. E. **Educação mediada pelo *whatsapp***: uma experiência com jovens universitários. *In*: SANTOS, E.; PORTO, C. (org.). *App-Education: fundamentos, contextos e práticas educativas luso-brasileiras na cibercultura*. Salvador: Edufba, 2019, p.221-240.

AMRY, A. B. The impact of *whatsapp* mobile social learning on the achievement and attitudes of female students compared with face to face learning in the classroom. **European Scientific Journal**, v. 10, n. 22, p. 116–136, 2014.

APARICI, R. **Conectividade no ciberespaço**. *In*: APARICI, Roberto (org.). *Conectados no ciberespaço*. São Paulo: Paulinas, 2012. p. 5-24.

ATIKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química, Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**, 7ª ed., 2018.

AVELINO, W. F.; MENDES, J. G. A realidade da educação brasileira a partir da Covid-19. **Boletim de Conjuntura**, Boa Vista, v. 2, n. 5, p. 56-62, 2020. Disponível em: <https://revista.ufr.br/boca/article/view/AvelinoMendes/2892>. Acesso em: 18 de mar. 2021.

BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. M. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BACK L.B.; Da SILVA, G.B.. A ATIVIDADE EXTRA CLASSE COMO SUPORTE NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM. *In*: Os defasios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. *Caderno PDE*, v. 01, 2016. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_ped_unespar-paranavai_lucianabuttgen.pdf. Acesso em dez 2022.

BARBOZA, D. A. P. Sala de aula invertida e o uso de tecnologias de informação e comunicação como alternativas para o ensino de química. **Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Tecnologias da Informação e Comunicação aplicadas a EAD**, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, p. 24, 2017.

BARRETO, A. C. F; ROCHA, D. N. Covid-19 e Educação: Resistências, Desafios e (Im) Possibilidades. **Revista ENCANTAR – Educação, Cultura e Sociedade**. Bom Jesus da Lapa, v. 2, 2020, p. 01-11. Disponível em: <http://www.revistas.uneb.br/index.php/encantar/article/view/8480>. Acesso em: 06 de abril de 2021.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: reach every student in every class every day**. Washington, DC: International Society for Technology in Education, 2012. Disponível em: <http://ilib.imu.edu.my/NewPortal/images/NewPortal/CompE-Books/Flip-Your-Classroom.pdf>. Acesso em 07 abr. 2020.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. 4. ed. Belo Horizonte, MG: Autêntica Editora, 2010.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC), Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: dez 2022.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais (Ensino Médio)** – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias. Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/linguagens02.pdf/>. Acesso em 12/01/2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. **Educação é a base (Ensino Médio)**. Brasília, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC/_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf/. Acesso em 12/01/2021.

CAREY, F. A. **Química Orgânica**, 7^a ed., v. 1, 2016.

CHAN, A. S. C. A new route to important chiral drugs. **Chemtech**, v. 23, p. 46-51, 1993.

CHHABRA, N.; ASERI, M. L. A.; PADMANABHAN, D. A review of drug isomerism and its significance. **International Journal of Applied Basic Medical Research**, v. 3, n. 1, p. 16-18, 2013.

CHRISTENSEN, C.M.; HORN, M.B; STAKER, H. **Ensino Híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos**. 2013. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/porvir/wp-content/uploads/2014/08/PT_Is-K-12-blended-learning-disruptive-Final.pdf/. Acesso em: 06 out. 2020.

CORREIA, M. E. A. *et al.* Investigação do fenômeno de isomeria: concepções prévias dos alunos do ensino médio e evolução conceitual. **Revista. Ensaio**. Belo Horizonte, MG, v.12, p.83-100, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v12n2/1983-2117-epec-12-02-00083.pdf>. Acesso em 06 out. 2020.

COUTINHO, I. J.; RODRIGUES, P. R.; ALVES, L. Jogos eletrônicos, redes sociais e dispositivos móveis: reflexões sobre espaços educativos. **Obra Digital**. n.10, 2016, p.1-12. Disponível em: <http://revistesdigitais.uvic.cat/index.php/obradigital/article/view/76> Acesso em: 29 dez. 2020.

CUNHA, C. As tecnologias da informação e comunicação (TIC): concepções e experiências de professores sobre o aplicativo *WhatsApp* no ensino de ciências e biologia. **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, v. 11, n. 1, 2018. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/index.php/enfope/article/view/9022/3946>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ENFIELD, J. Looking at the impact of the flipped classroom model of instruction on undergraduate multimedia students at CSUN. **TechTrends**, v. 57, p. 14–27, 2013.

FEDERSEL, H. J. Drug chirality - scale-up, manufacturing, and control. **Chemtec**, v. 23, p. 24-33, 1993.

FERRARINI, R.; SAHEB, D.; TORRES, P. L. Metodologias ativas e tecnologias digitais: aproximações e distinções. **Revista Educação em Questão**, v. 57, n. 52, p. 1-30, 2019.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

FONSECA, M. R. M. **Completamente Química: química orgânica**. FTD: São Paulo, 2001.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25 ed. São Paulo: Paz&Terra, 1996.

GELLAD, W. F.; CHOI, P. B. S.; MIZAH, M.; GOOD, C. B. Assessing the Chiral Switch: Approval and Use of Single-Enantiomer Drugs, 2001 to 2011. **The American Journal of Managed Care**, v. 20, n. 3, p., 2014.

GHOSH, N.; VITKIN, I.A. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications and outlook. **Journal of Biomedical Optics**, v. 16, n. 11, p. 1-25, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HAMDAN, N.; MCKNIGHT, P.; MCKNIGHT, K.; ARFSTROM, K. M. **A review of flipped learning**, 2013. Disponível em: https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/LitReview_FlippedLearning.pdf. Acesso em 19 mar. 2020.

HERREID, C. F.; SCHILLER, N. A. Case studies and the flipped classroom. **Journal of College Science Teaching**, v. 42, p.62–66, 2013.

HUNG, E. S. *et al.* **Fatores associados ao nível de uso das TIC como ferramentas de ensino e aprendizagem nas escolas públicas do Brasil e da Colômbia**. Baranquilla: Editorial Universidad del Norte, 2015.

IBGE. Estatísticas de Gênero: indicadores sociais das mulheres no Brasil, 2ª Ed., n.38, 2021.

IRWANSYAH, Ferli Septi et al. Augmented reality (AR) technology on the android operating system in chemistry learning. In: **IOP conference series: Materials science and engineering**. IOP Publishing, 2018. p. 012068.

KLEIN, D. **Química Orgânica**, 2ª ed., v.1, 2016.

KURNIAWATI, N., MAOLIDA, E. H., & ANJANIPUTRA, A. G. The praxis of digital literacy in the efl classroom: digital-immigrant vs digital-native teacher. **Indonesian Journal of Applied Linguistics**, v. 8, n. 1, p. 28–37, 2018.

LEITE, B. S. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química. **Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 6, e097220, 2020.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: editora 34, 1999.

LIBÂNEO, J.C. **Didática**. Editora Cortez, 2ª Ed., 2018, pg 288.

LIKERT, R. A. **Technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology. n. 140, p. 44-53, 1932.

LIMA-JÚNIOR, C. G. *et al.* A Sala de Aula Invertida no Ensino de Química: planejamento, aplicação e avaliação no ensino médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 3, n. 2, p. 119-145, 2017.

LORENZO, E. M. **A Utilização das Redes Sociais na Educação: A Importância das Redes Sociais na Educação**. 3 ed. São Paulo: Clube de Autores, 2013, 126 p.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

MARTINS, E. R. *et al.* Comparação entre o modelo da sala de aula invertida e o modelo tradicional no ensino de matemática na perspectiva dos aprendizes. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.14, n.1, p. 522-530, 2019.

MARTINS, R. X. A Covid-19 e o fim da educação a distância: um ensaio. **Revista de Educação a Distância**. v. 7, n. 1, 2020, p. 242-256. Disponível em: <https://www.aunirede.org.br/revista/index.php/emrede/article/view/620>. Acesso em: 06 de abril de 2021.

MASON, G.S.; SHUMAN, T.R.; COOK, K.E. Comparing the Effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course. **IEEE Transactions on Education**, v. 56, n. 4, p. 430-435, 2013.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**. Tradução da 7ª. ed. pela All Tasks. São Paulo: Cengage Learning, combo, 2011.

MENESES, F.M.G.; NUÑEZ, I.B. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 24, n.1, p.175-190, 2018.

MIRANDA, G. L. Limites e possibilidades das TIC na educação. Sísifo: **Revista de Ciências e Educação**, n. 03, p.41-50, 2007.

MORAN, K.; MILSOM, A. The flipped classroom in counselor. **Education Counselor Education & Supervision**, v. 54, p. 32-43, 2015.

MOREIRA, A.; TRINDADE, S. D. **Whatsapp como dispositivo pedagógico para a criação de ecossistemas educacionais.** In: PORTO, C.; OLIVEIRA, K. E.; CHAGAS, A. (org.). *Whatsapp e Educação: entre mensagens, imagens e sons* [online]. Salvador: Ilhéus: Edufba, 2017. p.49-68 (302 p.).

NÚCLEO DA INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR - NIC.BR. Resumo Executivo - Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2020, ano 2020: Disponível em: <https://cetic.br/pt/publicacao/resumo-executivo-pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-nos-domicilios-brasileiros-tic-domicilios-2020/>. Acesso em: 26, jul. 2022.

ORLANDO, R.M.; *et al.* Importância farmacêutica de fármacos quirais. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 1, p. 08-14, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/REF/article/view/2115/2061>. Acesso em: 04 jan .2021.

PACZKOWSKI, I. M.; PASSOS, C.G., *Whatsapp: uma ferramenta pedagógica para o ensino de química.* **Renote-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v.17, n. 1, 2019.

PEREIRA, C. Z. S. **Desenvolvimento de um aplicativo de realidade aumentada para o ensino de isomeria: o uso de dispositivos móveis como facilitadores no processo de ensino aprendizagem da química orgânica.** Dissertação (Mestrado em Química) Universidade São Paulo. Ribeirão Preto, p. 117. 2022.

PINHEIRO, A, P.; PINHEIRO, F. O uso do celular em tempos de pandemia – Uma análise da nomofobia entre os jovens. **Revista Tecnologias Educacionais em Rede**, v.2, n. 3, 2021.

PORTO, C. M.; OLIVEIRA, K. E.; CHAGAS, A. **Educação e whatsapp: ensinar e aprender por mensagens instantâneas.** In: PORTO, C.; OLIVEIRA, K. E.; CHAGAS, A. (org.). *Whatsapp e Educação: entre mensagens, imagens e sons*. Salvador: Ilhéus, Edufba, 2017, p.9-14.

RODRIGUES, T. A utilização do aplicativo *whatsapp* por professores em suas práticas pedagógicas. In: Colóquio internacional de educação com tecnologia, 2, 2015 e simpósio hipertexto e tecnologias na educação, 4, 2015, Recife, PE **Anais [...]**. Recife, PE: UFPE, 2015, p. 01-15. Disponível em: <<http://www.nehte.com.br/simposio/anais/Anais-Hipertexto2015/A%20utiliza%C3%A7%C3>. Acesso em : 04 jan 2021.

RODRÍGUEZ, M. A. Médica que salvou uma geração de bebês da tragédia da talidomida nos EUA. **BBC News Mundo**, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://bbc.com/portuguese/geral-53402957>. Acesso em: 23 fev. 2023.

RONDINI, C. A.; PEDRO, K. M.; DUARTE, C. dos S. Pandemia do covid-19 e o ensino remoto emergencial: Mudanças na práxis docente. **EDUCAÇÃO**, v. 10, n. 1, p. 41–57, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/educacao/article/view/9085>. Acesso em: 06 abr. 2021. <<https://periodicos.set.edu.br/educacao/article/view/9085>. Acesso em: 06 abr. 2021.%A3o%20do%20aplicativo.pdf >.

SANTOS, A.O. *et al.* Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, v.9, p. 2-6, 2013. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/viewFile/1517/812>. Acesso em 06 abr. 2021.

SCHIEHL, E. P.; MARTINS, L. P. R.; SANTOS, L. M. *WhatsApp* como uma ferramenta de apoio na construção do conhecimento de sequências numéricas no primeiro ano do Ensino Médio. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 1, n. 9, 2017.

SCHUARTZ, A.S.; SARMENTO, H.B.M. **Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e processo de ensino**. R. Katálysis., v. 23, n. 3, p. 429-438, 2020.

SILVA, E. S. A utilização de modelos analógicos como metodologia inovadora para o conteúdo de isomeria. **Monografia** (Licenciatura em Química) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2014.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**, 10^a ed., v. 01, 2012.

SOUZA, V. C. A. Utilização de modelos e modelagem na educação contemporânea: (re)pensando a interlocução do ensino de Ciências da Natureza em um novo contexto de aprendizagens. **Revista Interlocução**, v. 1, n. 1, p. 19-29, 2009.

SUSILAWATI, S.; SUPRIYATNO, T. Online learning through *whatsapp* group in improving learning motivation in the era and post pandemic covid -19. **Jurnal Pendidikan**, v. 5, n. 6, p. 852-859, 2020.

TORI, R. A presença das tecnologias interativas na educação. RECET v.2, n., 2010. Disponível em: <http://revistas.pucsp.br/index.php/ReCET/article/view/3850/2514>. Acesso em: 24 abril de 2023.

VALENTE, J.A. Comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de Informação e comunicação. **Revista UNIFESO – Humanas e Sociais** vol. 1, n. 1, 2014, p. 141-166.

VIVOLO, J. Overview of online learning and an (un)official history. In *Managing online learning: The lifecycle of successful programs*. First Edition, Routledge 2019, p. 7–17. Routledge.

WU, S-Y. How Teachers Conduct Online Teaching During the COVID-19 Pandemic: A Case Study of Taiwan. *Frontiers in Education*. v. 06, p. 01-11, 2021. doi: 10.3389/educ.2021.675434.

ANEXO A**Declaração de coparticipação em pesquisa**

Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Departamento de Química
Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação/ICENE
Av. Doutor Randoifo Borges Júnior, 1400 – Univerdeciade, CEP. 38064-200 – Uberaba-MG

Declaração de coparticipação em pesquisa

1. Declara-se para os devidos fins, que a instituição Cooperativa - ETEC Antônio Junqueira da Veiga - Centro Paula Souza, situada na Fazenda Baixada S/N, zona rural, CEP. 14.540-000, cidade de Igarapava/SP, registrada sob o CNPJ 62.823.257/0033-88, na figura do responsável Renata Pimentel da Silva, consente em participar como instituição coparticipante da pesquisa INVESTIGAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO MODELO HÍBRIDO NA APRENDIZAGEM DE ISOMERIA NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO sob responsabilidade de Ederson Vinícius Argemiro e pesquisadores da UFTM.
2. A Instituição autoriza que os pesquisadores Ederson Vinícius Argemiro, Evandro Roberto Alves e Alexandre Rossi adentrem nas dependências da instituição para realização de atividades de desenvolvimento do trabalho de pesquisa e coleta de dados relacionados ao ensino e aprendizagem de isomeria com os alunos do Ensino Médio Técnico no período de 09/2021 à 04/2022.
3. Como instituição coparticipante a Cooperativa-ETEC Antônio Junqueira da Veiga-Centro Paula Souza, garante possuir infraestrutura para realização segura da pesquisa em suas dependências e que somente autorizará o início da pesquisa após os pesquisadores envolvidos na pesquisa apresentarem o parecer de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição Proponente – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, comprovando que a pesquisa atende as exigências éticas contidas na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.
4. Finalmente, a Instituição Coparticipante autoriza a realização da pesquisa e a assunção da corresponsabilidade com as etapas que ocorrerem nesta.

Renata Pimentel da Silva
RG., 28.122.376-2
Diretora de Escola Técnica

Renata Pimentel da Silva
Diretora – Escola Técnica Estadual Antônio Junqueira da Veiga
(16) 99149-9662

Ederson Vinícius Argemiro
Professor-Pesquisador
(16) 99135-2966

APÊNDICE A

Questionário A - Levantamento de Perfil dos Alunos

Idade: _____. Sexo: _____.
1-Tem acesso à <i>internet</i> em sua residência e há quanto tempo?
2 - Para acessar a <i>internet</i> , quais dispositivos eletrônicos (celular, tablet, computador) você utiliza com mais frequência? Qual deles é da sua preferência?
3 - Acessa conteúdos escolares na <i>internet</i> ? Há algum site de preferência?
4 - Iria à escola, em período contraturno, com o objetivo de realizar trabalhos/atividades escolares de forma <i>on-line</i> ? Justifique sua resposta.
5 - Acha interessante complementar conteúdos de Química por meio de atividades extraclasse (fora da sala de aula)? Justifique sua resposta.
6 - Gostaria de utilizar celular ou computador para realizar tarefas de Química e de forma extraclasse (fora da sala de aula)? Quais os aspectos positivos e negativos dessa prática?
7 - Utiliza ou já utilizou o <i>WhatsApp</i> para a realização de tarefas ou estudo de conteúdos escolares?
8 - Caso tenha respondido “sim” na questão 7, você considera que o <i>WhatsApp</i> coopera para a realização de tarefas e/ou estudos escolares? Em quais aspectos o aplicativo lhe auxiliou?
9 – Faria uma atividade <i>on-line</i> se não valesse nota?
10 - Consegue perceber a importância de aprender Química para compreender os fenômenos da natureza e do seu cotidiano?

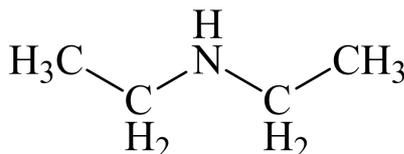
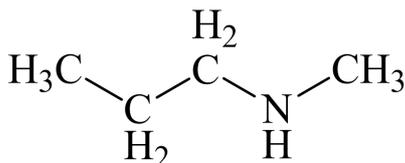
Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE B

Questionário B - Isomeria Constitucional

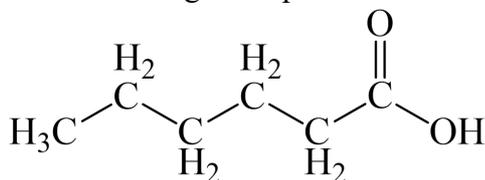
Questões

Questão 1. (Mackenzie-SP-modificada). Assinale a alternativa que representa o tipo de isomeria existente entre as estruturas moleculares mostradas a seguir:

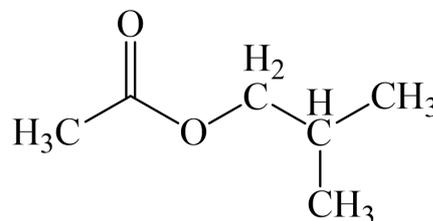


- () Metameria.
 () Função.
 () Posição.
 () Cadeia.
 () Tautomeria.

Questão 2. (Cesgranrio-RJ-modificada). As estruturas das substâncias A e B representadas a seguir, têm odores bem distintos e fórmulas moleculares idênticas, portanto, são isômeros. A substância A é responsável pelo mau-cheiro exalado pelas cabras e a B, pela essência do morango. O tipo de isomeria que se verifica entre as substâncias A e B é:



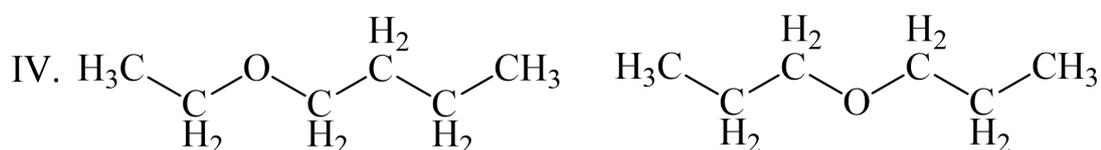
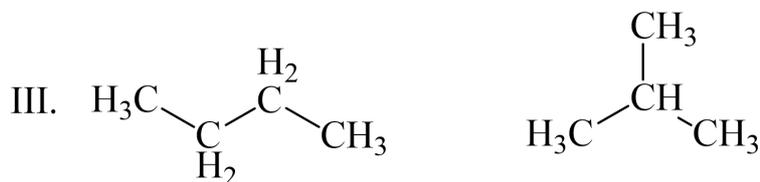
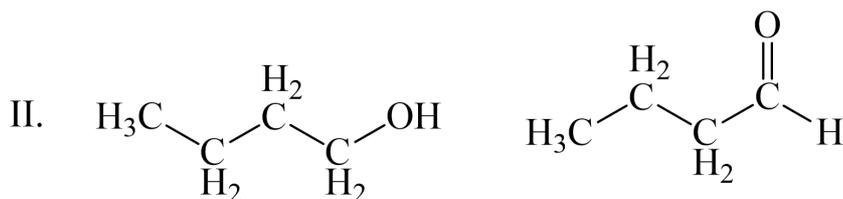
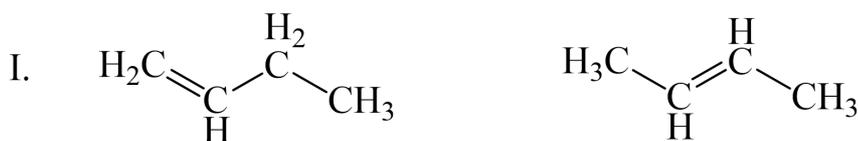
Substância A - mau cheiro
exalado pelas cabras



Substância B - essência do morango

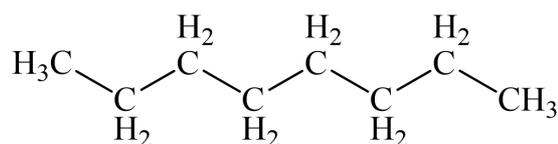
- () Tautomeria.
 () Metameria.
 () Posição.
 () Função.
 () Nenhuma das alternativas.

Questão 3. (Mackenzie-SP-modificada). Dentre os pares de compostos isoméricos indicados por I, II, III e IV, assinale a alternativa que indica a isomeria de função.

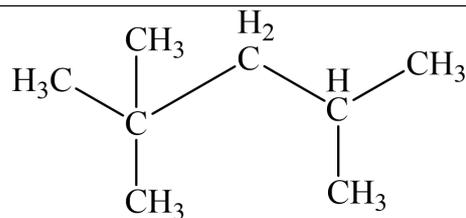


- () I
 () II
 () III
 () IV
 () Nenhuma das alternativas.

Questão 4. (Do autor-2021). Combustíveis de motores à combustão apresentam maior rendimento quanto maior forem os índices de resistência à compressão e ignição. Essa propriedade está associada à octanagem, isto é, quando o combustível é constituído de hidrocarbonetos contendo 8 átomos de carbono com cadeias carbônicas menores e mais ramificadas como, por exemplo, o 2,2,4-trimetilpentano. Os isômeros n-octano e 2,2,4-trimetil-pentano estão representados abaixo. Assinale a alternativa correta que representa o tipo de isomeria existente entre esses compostos.



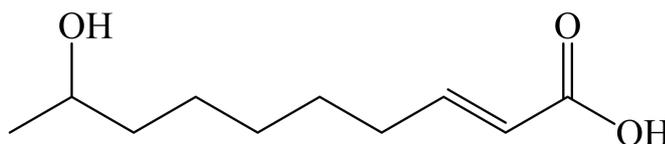
n-octano



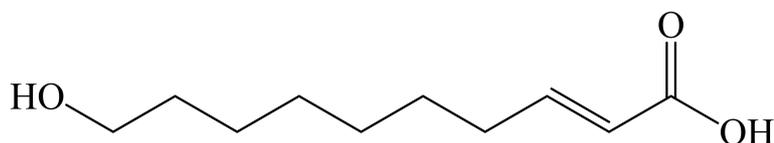
2,2,4-trimetil-pentano

- Posição.
 Metameria.
 Cadeia.
 Tautomeria.
 Função.

Questão 5. (ENEM-2018-modificada). As funções das abelhas em uma colmeia são distinguidas por meio de sinalização química. As abelhas rainhas produzem o sinalizador químico ácido 9-hidroxi-dec-2-enoico, enquanto as operárias, o ácido 10-hidroxi-dec-2-enoico, cujas estruturas moleculares são mostradas a seguir. Assinale a alternativa que indica a diferença entre as moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária.



ácido 9-hidroxi-dec-2-enoico



ácido 10-hidroxi-dec-2-enoico

- Contagem do número de carbonos.
 Fórmula estrutural.
 Identificação dos grupos funcionais.
 Fórmula molecular.
 Nenhuma das alternativas.

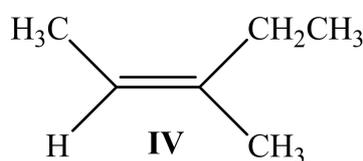
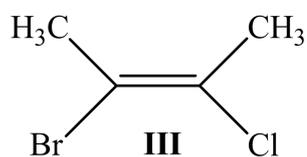
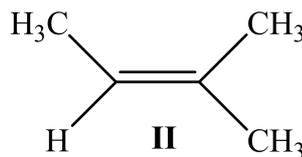
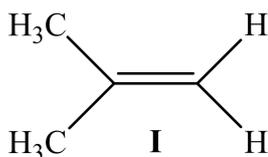
Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE C

Questionário C - Isomeria Geométrica

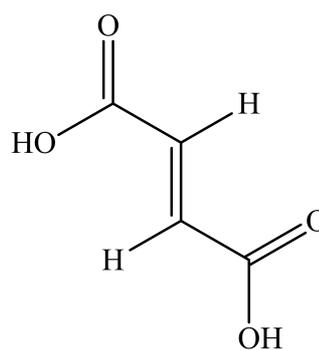
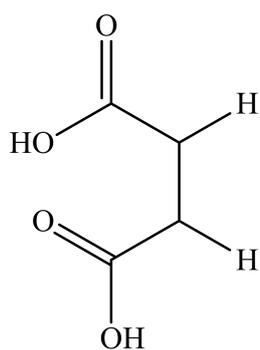
Questões

Questão 1. (UCDB-MS-modificada) Qual das seguintes substâncias apresenta isomeria geométrica?



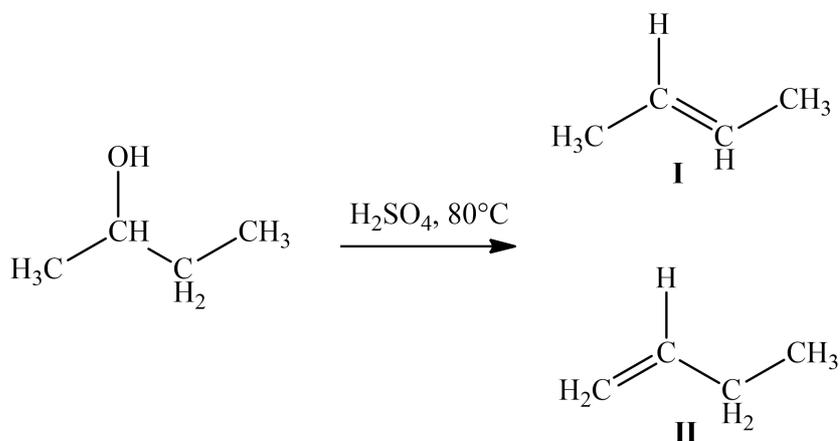
- Somente I.
 Somente III.
 Somente I e II.
 Somente I e III.
 Somente III e IV.

Questão 2. (FESP) Considerando-se os ácidos maleico e fumárico, cujas estruturas moleculares estão representadas abaixo, assinale a alternativa correta.



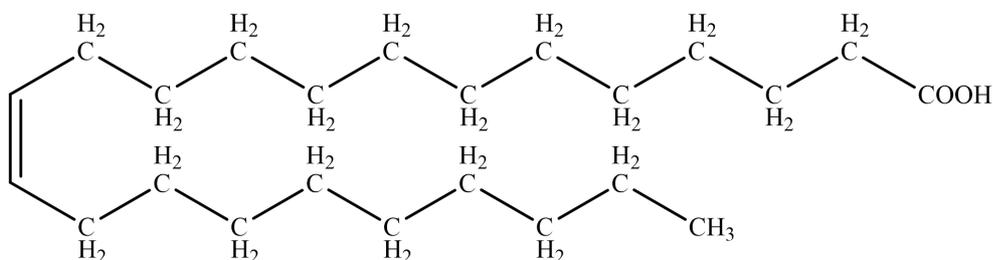
- A formação de ligação de hidrogênio intramolecular (dentro da mesma molécula) é favorecida para o ácido fumárico.
 O ácido fumárico corresponde ao isômero trans.
 O ácido maleico corresponde ao isômero trans.
 Nenhuma das alternativas.

Questão 3. (UFES). A equação a seguir mostra os produtos obtidos na desidratação do 2-metil-butan-2-ol. Pode-se afirmar que:



- II admite isômeros geométricos.
 I admite isômeros geométricos.
 I e II são isômeros geométricos entre si.
 Nenhuma das alternativas.

Questão 4. (UNIFOR-CE- modificada). O composto representado pela estrutura molecular:
 I. Apresenta isomeria geométrica (cis-trans); II. Admite o isômero geométrico trans; III. Trata-se de um composto insaturado. As afirmações corretas são:



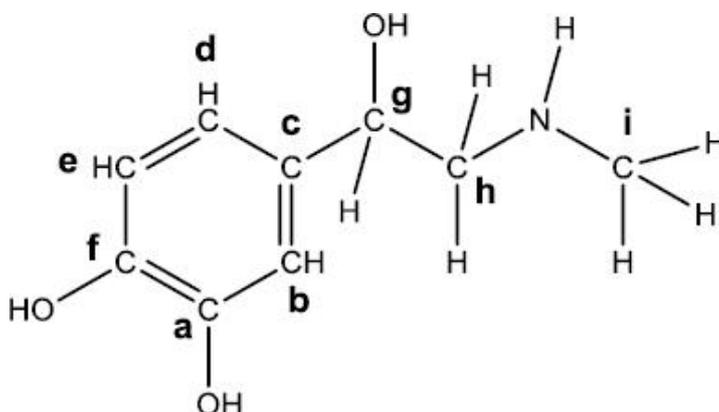
- I somente.
 II somente.
 III somente.
 II e III somente.
 I, II e III.

APÊNDICE D

Questionário D - Isomeria Óptica

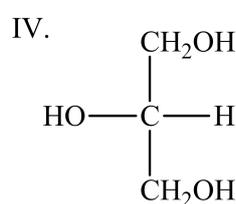
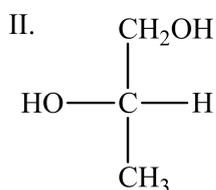
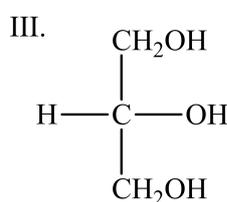
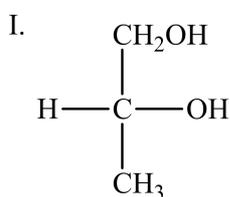
Questões

Questão 1. (UFPI). A sensação de “suor frio”, sentida pelas pessoas que praticam certas atividades (alpinismo, paraquedismo etc) ou frequentam parques de diversões, surge devido à liberação do hormônio adrenalina das glândulas suprarrenais para o sangue. Considere a molécula da adrenalina representada abaixo. De acordo com a estrutura molecular é correto afirmar que:



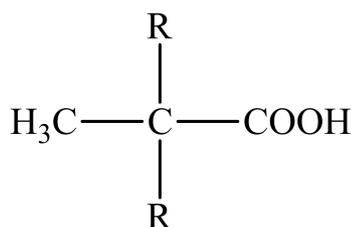
- Os carbonos “d” e “g” são assimétricos.
 Os carbonos “g” e “h” são assimétricos.
 O carbono “g” é assimétrico.
 Os carbonos “a”, “b” e “d” são assimétricos
 Não existem carbonos assimétricos.

Questão 2. (UFRJ-RJ-modificada). Algumas substâncias possuem a capacidade de desviar o plano de vibração da luz polarizada, sendo conhecidas como opticamente ativas. Esta propriedade é característica dos compostos que apresentam isomeria óptica, e para que isso ocorra é necessário que haja assimetria na molécula. Em relação às estruturas I, II, III e IV, afirma-se corretamente que:



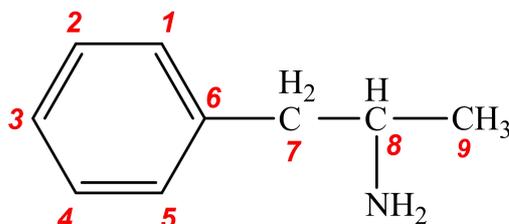
- Todas apresentam atividade óptica.
 Somente a I e a II apresentam atividade óptica.
 Somente a I e a III apresentam atividade óptica.
 Somente a III e a IV apresentam atividade óptica.
 Somente a II e a IV apresentam atividade óptica.

Questão 3. (USC-RS-modificada). Um composto orgânico é representado pela estrutura abaixo. Para que este composto adquira assimetria molecular, os dois grupos químicos representados por R podem ser substituídos por:



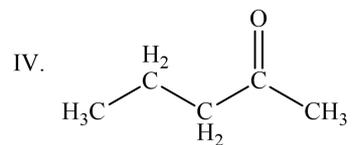
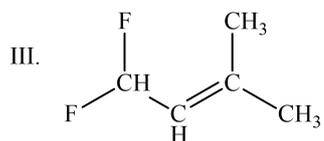
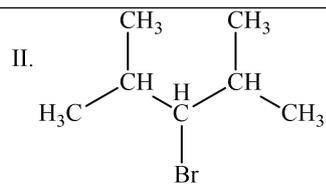
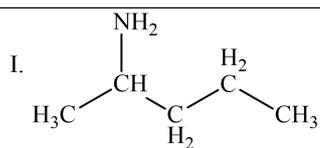
- Dois radicais metil.
 Dois radicais etil.
 Um radical metil e outro etil.
 Um radical metil e outro n-propil.
 Um radical etil e outro n-propil.

Questão 4. (Unifor-CE-modificada). A molécula de anfetamina, representada na figura abaixo, apresenta isomeria óptica por conter átomo de carbono com quatro substituintes diferentes (carbono quiral). Assinale a alternativa correta que indica átomo de carbono que apresenta a propriedade da quiralidade.



- C1.
 C6.
 C7.
 C8.
 C9.

Questão 5. (UERJ-modificada). Um composto orgânico contendo átomo de carbono assimétrico, apresenta a propriedade da isomeria óptica. Considere as estruturais moleculares de quatro compostos orgânicos indicados abaixo. O composto que apresenta carbono assimétrico é:



- I
 II
 III
 IV
 Todos apresentam carbono assimétrico

Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE E

Questionário E - Avaliação da Pesquisa

Questões
<p>Afirmção 1. A forma com que foram desenvolvidas as atividades para a aprendizagem do conteúdo de isomeria, isto é, envolvendo atividades <i>on-line</i>, foi satisfatória.</p> <p><input type="checkbox"/> Concordo plenamente. <input type="checkbox"/> Concordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo. <input type="checkbox"/> Discordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Discordo totalmente.</p>
<p>Afirmção 2. As diferentes atividades preparadas (videoaulas, textos, roda de conversa, estações por rotação) contribuíram para o aprendizado de isomeria.</p> <p><input type="checkbox"/> Concordo plenamente. <input type="checkbox"/> Concordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo. <input type="checkbox"/> Discordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Discordo totalmente.</p>
<p>Afirmção 3. Tenho maior preferência pelas aulas tradicionais a ter que realizar os estudos com atividades <i>on-line</i>.</p> <p><input type="checkbox"/> Concordo plenamente. <input type="checkbox"/> Concordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo. <input type="checkbox"/> Discordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Discordo totalmente.</p>
<p>Afirmção 4. O aplicativo <i>WhatsApp</i> contribuiu para estabelecer uma maior interação entre professor-aluno.</p> <p><input type="checkbox"/> Concordo plenamente. <input type="checkbox"/> Concordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo. <input type="checkbox"/> Discordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Discordo totalmente.</p>
<p>Afirmção 5. O uso do <i>WhatsApp</i> na perspectiva do Ensino Híbrido contribuiu para a minha aprendizagem sobre isomeria.</p> <p><input type="checkbox"/> Concordo plenamente. <input type="checkbox"/> Concordo parcialmente. <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo.</p>

- Discordo parcialmente.
- Discordo totalmente.

Afirmação 6. O conhecimento sobre isomeria é importante, a ponto de evitar problemas de saúde ao ingerir um medicamento.

- Concordo plenamente.
- Concordo parcialmente.
- Não concordo e nem discordo.
- Discordo parcialmente.
- Discordo totalmente.

Afirmação 7. Eu compreendi melhor os conceitos químicos relacionados à isomeria quando tive o contato prévio com os materiais que foram disponibilizados para estudos, antes da aula presencial.

- Concordo plenamente.
- Concordo parcialmente.
- Não concordo e nem discordo.
- Discordo parcialmente.
- Discordo totalmente

Afirmação 8. Compreendo a correlação entre o conhecimento químico de isomeria e a causa da tragédia relacionada ao medicamento talidomida.

- Concordo plenamente.
- Concordo parcialmente.
- Não concordo e nem discordo.
- Discordo parcialmente.
- Discordo totalmente.

APÊNDICE F
Produto Educacional

ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DA MODALIDADE HÍBRIDA

PRODUTO EDUCACIONAL



Ederson Vinícius Argemiro
Alexandre Rossi
Evandro Roberto Alves

2023

A photograph of laboratory glassware on a white surface. In the foreground, a round-bottom flask contains a pink liquid with white foam on top. Behind it, an Erlenmeyer flask contains a purple liquid. To the left, a rack holds several test tubes with various colored liquids (blue, pink, clear). In the bottom foreground, a beaker contains a light blue liquid. The background is softly blurred.

ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DA MODALIDADE HÍBRIDA

Produto educacional resultante da Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre Rossi e coorientação do Prof. Dr. Evandro Roberto Alves, apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional/PROFQUI, área de concentração Química, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

Agradecimentos

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM pela infraestrutura disponibilizada, a qual foi essencial para a realização deste trabalho bem como a todos os participantes que colaboraram na construção deste produto educacional.

Além disso, os autores reconhecem o apoio do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Ambos foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste projeto antes idealizado e que agora se torna realidade.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
TÓPICO 1 - INTRODUÇÃO À ISOMERIA.....	2
1 ATIVIDADES.....	4
1.1 MEDICAMENTO TALIDOMIDA - DO TRATAMENTO À TRAGÉDIA HUMANA.....	4
1.2 WHATSAPP E EDPUZZLE - CADASTRO DO GRUPO.....	11
1.3 PERFIL DOS ALUNOS - ESTUDOS E USO DAS TDIC.....	11
TÓPICO 2 - ISOMERIA CONSTITUCIONAL.....	12
2 ATIVIDADES.....	21
2.1 ISOMERIA CONSTITUCIONAL - SALA DE AULA INVERTIDA.....	21
2.2 RODA DE CONVERSA/GRUPO DE ESTUDO.....	21
2.3 ISOMERIA CONSTITUCIONAL - ROTAÇÕES POR ESTAÇÃO.....	21
2.3.1 ESTAÇÃO 1 - JOGO DE MEMÓRIA.....	22
2.3.2 ESTAÇÃO 2 - AVALIAÇÃO DO ENSINO.....	24
TÓPICO 3 - ISOMERIA GEOMÉTRICA.....	25
3 ATIVIDADES.....	27
3.1 ISOMERIA GEOMÉTRICA - SALA DE AULA INVERTIDA.....	27
3.2 RODA DE CONVERSA/GRUPO DE ESTUDO.....	27
3.3 ISOMERIA GEOMÉTRICA - ROTAÇÕES POR ESTAÇÃO.....	27
3.3.1 ESTAÇÃO 1 - REALIDADE AUMENTADA.....	28
3.3.2 ESTAÇÃO 2 - AVALIAÇÃO DO ENSINO.....	29
TÓPICO 4 - ISOMERIA ÓPTICA.....	30
4 ATIVIDADES.....	34
4.1 ISOMERIA ÓPTICA - SALA DE AULA INVERTIDA.....	34
4.2 RODA DE CONVERSA/GRUPO DE ESTUDO.....	35
4.3 ISOMERIA ÓPTICA - ROTAÇÕES POR ESTAÇÃO.....	35
4.3.1 ESTAÇÃO 1 - A QUIRALIDADE PRESENTE NO COTIDIANO E NOS COMPOSTOS ORGÂNICOS.....	35
4.3.2 ESTAÇÃO 2 - QUEBRA-CABEÇA VIRTUAL - APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA MOLECULAR DA TALIDOMIDA.....	36
4.3.3 ESTAÇÃO 3 - AVALIAÇÃO DO ENSINO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
APÊNDICES.....	43

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional foi elaborado como resultado do trabalho de pesquisa realizado no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional/PROFQUI, com polo na Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM. Está estruturado no formato de uma sequência didática, com o objetivo de proporcionar aos professores de Química do Ensino Médio um material diferenciado e de apoio para abordar os conteúdos de isomeria (constitucional, geométrica e óptica).

A sequência didática apresenta-se em 4 tópicos, sendo cada um deles dedicado ao ensino dos diferentes tipos de isomeria. Cada tópico contém diversificadas atividades educacionais estruturadas e articuladas intencionalmente (ZABALA, 1998), para que o propósito do ensino de isomeria seja atingido. No desenvolvimento das atividades, é aplicada a modalidade do Ensino Híbrido, que se mostra adequada no âmbito educacional e aliada ao cenário atual do avanço das Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação/TDIC. Antes da pandemia da Covid-19, o Ensino Híbrido já era uma tendência em crescimento, oferecendo aos alunos a possibilidade de realizarem seus estudos de forma presencial e *on-line*, com o uso das TDIC. Todas as atividades são planejadas utilizando-se dos aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle* para a mediação dos estudos *on-line*, pois ambos são muito utilizados e de fácil acesso. A disponibilidade de computador, celular ou tablet com acesso à *internet* pelo professor e aluno se faz necessária para que se possa propor e realizar as atividades *on-line*.

A sequência didática é adequada para ser aplicada nos estudos de Química Orgânica e os materiais utilizados para a elaboração de algumas atividades são de fácil acesso e baixo custo, facilitando o professor no momento de planejamento, elaboração e aplicação das atividades aos alunos.

Destaca-se que este produto educacional é uma sugestão adequada para ser trabalhado os conteúdos de isomeria, podendo o professor fazer adequações ou alterações durante sua aplicação, isto é, pode ser adaptado de acordo com cada realidade escolar. O professor pode aplicar a sequência didática aos alunos individualmente, distribuídos em grupos ou de qualquer outra forma que considerar adequada.

Desejamos que este produto educacional seja de grande auxílio e venha contribuir para a melhoria do processo de ensino de isomeria, que mostra ser um conteúdo de grande dificuldade de aprendizagem pelos alunos do Ensino Médio.

Autores



TÓPICO 1

INTRODUÇÃO À ISOMERIA

Objetivos:

- Esclarecer a relevância da aprendizagem de isomeria na área da Química Orgânica, voltada para uma formação consciente, responsável e cidadã.
- Abordar os fatos históricos da teratogênese associada ao uso do medicamento Talidomida a fim de compreender a causa do problema por meio dos princípios químicos de isomeria.
- Preparar os alunos para a utilização de recursos digitais durante o desenvolvimento da sequência didática, aplicando o modelo educacional do Ensino Híbrido.

Tempo Estimado: 02 aulas de 50 minutos.





PARA SABER MAIS...

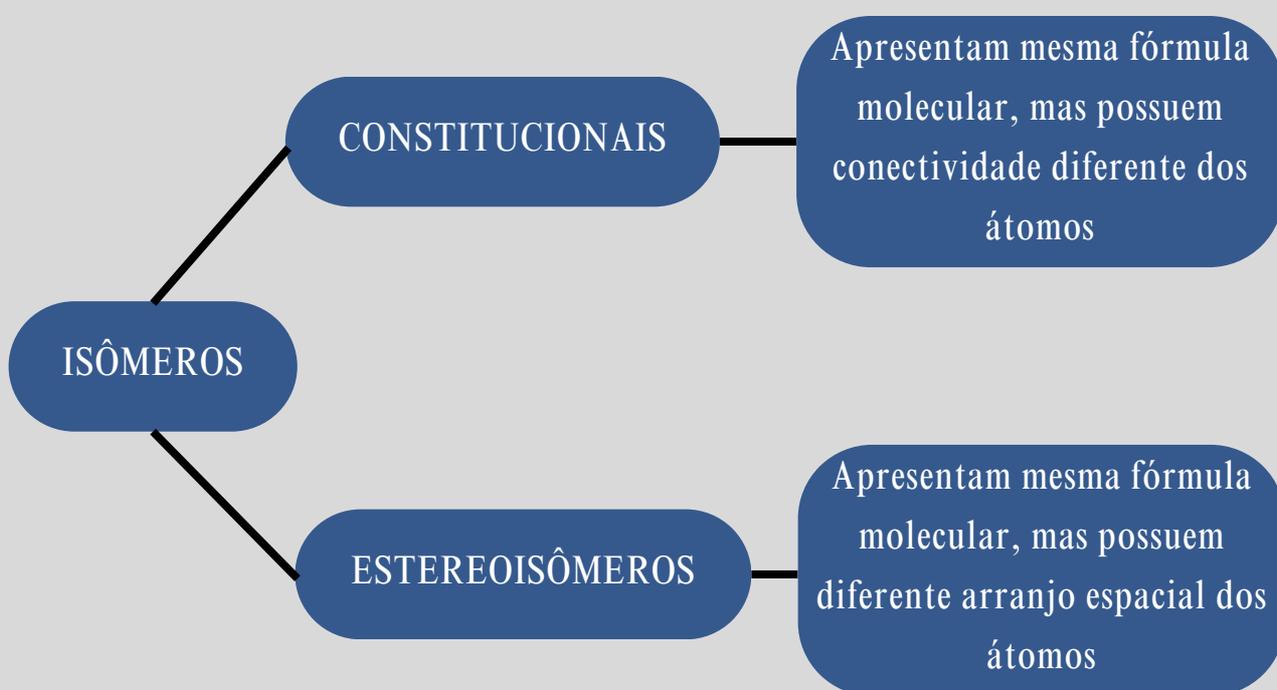
ISOMERIA

O estudo da isomeria é de fundamental importância, visto que compostos de mesma fórmula molecular podem apresentar diferentes fórmulas estruturais, originando diversos compostos orgânicos com propriedades físicas e químicas distintas. A indústria farmacêutica e órgãos regulatórios importantes como a U.S. Food and Drug Administration/FDA/EUA e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Anvisa/Brasil têm grande interesse nos estudos sobre a isomeria, visto que se um composto químico for quiral ou assimétrico, esse pode apresentar isômeros com propriedades farmacológicas diferentes, como é o caso do agente anti-inflamatório ibuprofen, no qual apenas um dos isômeros é efetivo. Embora o outro isômero seja lentamente convertido no organismo no isômero efetivo, o medicamento baseado somente naquele que é efetivo, apresenta um efeito mais rápido do que se os isômeros estivessem juntos (SOLOMONS; FRYHLE, 2012). Vale lembrar também o medicamento Talidomida e seus efeitos adversos no desenvolvimento de fetos durante a gestação. As experiências vividas e os conhecimentos químicos sobre isomeria buscam não mais repetir tragédias como o caso do medicamento citado. Diante do exposto, consideramos que a isomeria seja um tópico de extrema importância para ser tratado no ensino de química.

O conceito de isomeria data de 1830, quando Berzelius fazia uma síntese orgânica e observou a existência de compostos químicos que apresentavam a mesma fórmula molecular, porém com propriedades físicas e químicas completamente distintas. Estes compostos foram denominados por Berzelius de isômeros, sendo o prefixo grego iso equivalendo a mesmo e meros, a partes iguais. Com o auxílio do químico alemão Liebig, que em 1824 já havia identificado o fenômeno da isomeria, Berzelius propôs uma explicação para o fenômeno, propondo que esses compostos apresentavam a mesma composição de elementos químicos, mas a disposição quanto

aos átomos desses elementos era diferente em cada composto (BORGES et al., 2021). Este fenômeno está relacionado à existência de dois ou mais compostos químicos com fórmulas e massas moleculares idênticas, mas com propriedades diferentes. A descoberta da isomeria mostrou que as propriedades das substâncias químicas não dependem unicamente de sua composição, mas também do arranjo espacial dos átomos na molécula (MCMURRY, 2011). De acordo com Klein (2016), os isômeros podem ser subdivididos em isômeros constitucionais (estruturais) e estereoisômeros (Figura 1).

Figura 1 - Isômeros constitucionais e estereoisômeros.



Fonte: Klein, 2016 - modificada.

1 ATIVIDADES

1.1 MEDICAMENTO TALIDOMIDA - DO TRATAMENTO À TRAGÉDIA HUMANA.

Essa atividade visa introduzir o conteúdo de isomeria aos alunos, levando em consideração os aspectos sociais e históricos da Talidomida, um fármaco que foi introduzido no mercado alemão em 1957, sendo comercializado como sedativo e a-

nalgésico. A indústria farmacêutica que o produziu, acreditava que esse fármaco era seguro, e que seus efeitos colaterais eram simples. Na época, os procedimentos de testes para avaliar os efeitos teratogênicos desse fármaco foram considerados insuficientes, o que impediu a detecção dos possíveis efeitos colaterais. A Talidomida era prescrita, principalmente, às gestantes para fins sedativos e contra enjoos. No final daquela década, foram descritos, em diversos países, os primeiros casos de crianças nascidas com encurtamento de membros ou sem eles. E essas crianças ficaram conhecidas como a primeira geração Talidomida.

Por meio da contextualização social e histórica dos efeitos teratogênicos do medicamento Talidomida, será iniciada a abordagem do conteúdo de isomeria aos alunos. Será permitido que sejam construídos conceitos sobre esse tema e proporcionará que seja estabelecida correlação entre o histórico trágico do fármaco e o desconhecimento químico, especificamente sobre o conteúdo de isomeria.

Em sala de aula, sugerimos que o professor trabalhe a leitura do texto proposto a seguir e posteriormente realize discussões sobre o tema, conduzindo os alunos à compreensão de que o conhecimento Químico poderia ter evitado a tragédia causada pelo uso da Talidomida.



TEXTO SUGERIDO PARA LEITURA COM OS ALUNOS

A MÉDICA QUE SALVOU UMA GERAÇÃO DE BEBÊS DA TRAGÉDIA DA TALIDOMIDA NOS EUA

Fonte: RODRÍGUES M. BBC News Mundo, 2020.

O "não" que a médica Frances Oldham Kelsey disse a uma empresa em 1960 foi um dos mais poderosos da história da indústria farmacêutica.

Com sua negativa, ajudou a "salvar talvez milhares de pessoas da morte ou da invalidez durante a vida", afirmou a Agência Americana de Drogas e Alimentos (FDA, na sigla em inglês).

Quando a médica começou a trabalhar nessa organização, ela recebeu algo que parecia um pedido de "fácil" encaminhamento. Tratava-se de um remédio que inicialmente havia sido comercializado como sedativo na Europa, no fim dos anos 1950, e depois para aliviar náuseas durante a gravidez. Nos anos 1960, o medicamento era acessível em dezenas de países. Mas, Kelsey impediu sua venda nos Estados Unidos porque não estava satisfeita com as evidências apresentadas sobre sua segurança para uso. Vários meses depois viria à público um terrível vínculo que a comunidade científica internacional desconhecia: a Talidomida causava danos graves aos fetos. Foram ao menos 10 mil crianças que nasceram com diversas malformações. Alguns sem braços, outros sem pernas. Muitos outros morreram no útero. No Brasil, centenas de crianças foram atingidas pela tragédia. A Talidomida atingiu famílias em mais de 45 países.

SENHOR OLDHAM

A paixão pela ciência levou Kelsey, que nasceu no Canadá em 1914, a especializar-se em farmacologia. Quando terminou seu mestrado em 1935, um de seus professores na Universidade McGill, em Montreal, a incentivou a se candidatar a uma vaga de assistente de pesquisa na Universidade de Chicago, nos EUA. O professor Eugene Geiling, que havia criado o departamento de farmacologia, enviou a ela uma carta de aceitação com um erro: a mensagem se dirigia ao "senhor Oldham". O acadêmico havia confundido o nome Frances pelo masculino Francis, segundo relata o obituário de Kelsey publicado no jornal "Washington Post" em 2015, quando ela morreu, aos 101 anos. A carta fez a jovem cientista hesitar. "Naqueles dias, quando uma mulher aceitava um emprego, isso a fazia sentir que estava privando um homem de sua capacidade de sustentar sua esposa e filho", refletiu a cientista em uma entrevista ao jornal "The New York Times". "Mas meu professor disse: Não seja estúpida. Aceite o trabalho, assine com seu nome e acrescente senhora entre parênteses. "Anos depois, Kelsey riria do episódio e diria que se o nome dela fosse Elizabeth ou Mary Jane, sua carreira poderia ter terminado por aí.

Na Universidade de Chicago, na supervisão de remédios”, conta Stephen Phillips, em “Como uma médica-cientista salvou os EUA de uma catástrofe de malformações”, segundo texto publicado pela própria instituição.

Como estudante de pós-graduação em 1937, Kelsey desempenhou um papel-chave em outro caso histórico de regulação de remédios no século 20. Ela ajudou o professor Eugene Geiling a investigar a morte de 107 pessoas em diferentes regiões dos EUA. Tudo apontava, segundo o Washington Post, para um remédio que combatia infecções causadas por estreptococos. Embora não tivesse sido submetido aos testes de segurança necessários, o medicamento já era comercializado. “Muitos dos que tomaram o medicamento, incluindo um grande número de crianças, sofreram uma morte agonizante”, lembrou o Washington Post. Geiling havia encomendado à pupila Kelsey que testasse o remédio em animais. Durante os experimentos, ela percebeu o efeito letal em camundongos. A tragédia levou o Congresso dos Estados Unidos a aprovar uma lei mais estrita para garantir que um medicamento fosse considerado seguro antes de chegar ao mercado. “Foi essa exigência que décadas depois levaria a médica Kelsey, então funcionária da FDA, a negar-se a aprovar a comercialização da Talidomida até que a fabricante provesse as evidências necessárias para garantir sua segurança”, afirmou a FDA à BBC News Mundo, o serviço em espanhol da BBC.

BOA DEMAIS PARA SER VERDADE

Na Universidade de Chicago, Kelsey não apenas trabalhou como pesquisadora, mas também como professora. Lá, ela também se formaria como médica e conheceria seu marido F. Ellis Kelsey, outro cientista que ajudou a impedir que a Talidomida fosse comercializada no país. Em 1960, seu tutor Eugene Geiling trabalhava na FDA e não hesitou em contratar Kelsey. Apenas um mês depois de ocupar seu novo cargo, a médica “foi designada para revisar uma solicitação de venda de um medicamento que ajudava a dormir, que já era amplamente prescrito em outros países para enjoos da gravidez, entre outras condições”, afirmou Phillips, autor do texto sobre Kelsey no site da Universidade de Chicago. Segundo ele, Kelsey lembrava-se claramente de sua primeira reação ao ver a apresentação da empresa William S. Merrell sobre a droga. “Era positiva demais. Não poderia ser a droga perfeita, sem riscos”.

Merrell tentava lançar o produto que havia sido criado pela empresa farmacêutica alemã Chemie Grunenthal. Em entrevista à Universidade de Victoria, no Canadá, Kelsey afirmou que "todos nós sentimos que a solicitação inicial era inadequada" porque não demonstrava sua segurança. A especialista lembrou que surgiu uma discussão sobre quais informações os representantes da empresa poderiam ter "sobre a segurança do medicamento durante a gravidez". Embora a farmacologista tenha se tornado a figura central no caso, especialmente depois de uma reportagem do Washington Post que elogiou seu "ceticismo e tenacidade (...) para evitar o que poderia ter sido uma terrível tragédia americana", Kelsey sempre compartilhava o crédito com seus superiores e os outros dois membros da equipe: o farmacologista Oyam Jiro e o químico Lee Geismar.

IMPACTO NOS FETOS

Nos anos 1950, os cientistas e os profissionais de saúde não sabiam que um remédio poderia ultrapassar a barreira placentária e causar danos aos fetos, por isso não havia controle estrito de medicamentos durante a gravidez. A farmacêutica Merrell, como outras companhias à época, não havia testado a Talidomida em animais prenhes. Mas, Keyser, que já havia estudado como medicamentos atingiam fetos, considerou que a farmacêutica parecia se basear mais em depoimentos do que em resultados de estudos bem desenhados ou provas clínicas. Por isso pediu mais informações antes de autorizar ou não sua comercialização nos EUA. A companhia apresentou mais dados e, ao mesmo tempo, começou uma pressão pública contra Kelsey, com cartas, telefonemas e visitas de executivos da Merrell. Ela foi chamada de exigente, teimosa e irracional, segundo o obituário dela no jornal The New York Times. A pesquisadora manteve sua postura de rejeitar as evidências apresentadas pela Merrell até que algo determinante aconteceu. Em fevereiro de 1961, ela leu um artigo na revista especializada British Medical Journal no qual um médico relatava efeitos adversos em braços e pernas de pacientes associados à Talidomida. Isso não apenas aumentou a preocupação de Kelsey como também a levou a pedir provas de que o remédio não era danoso aos fetos. Meses depois viriam à público relatos devastadores na Europa e na Austrália. Após diversas tentativas, a Merrell desistiu de entrar no mercado americano.

CASOS NO EUA

O medicamento nunca foi comercializado oficialmente nos EUA, mas o país não ficou imune à tragédia. Segundo a FDA, quase 20 crianças americanas haviam nascido com efeitos colaterais da Talidomida porque o remédio foi distribuído legalmente para fins de pesquisa. Quando os casos emergiram em outros países, as autoridades sanitárias correram para recolher os remédios distribuídos. O caso da Talidomida levou os EUA a aprovarem uma legislação mais rigorosa para regular medicamentos. "Houve mudanças na lei, e um dos requisitos era que, antes que um medicamento fosse comercializado, era preciso mostrar não apenas que era seguro como também eficaz para seu objetivo", lembrou Kelsey em entrevista à Universidade de Victoria. Depois do que aconteceu com a Talidomida, entre 1960 e 1990 cada vez mais países começaram a adotar procedimentos científicos elaborados pela FDA, afirmou Carpenter, de Harvard, autor do livro Reputação e Poder: Imagem Organizacional e Regulação Farmacêutica na FDA.

O QUE ACONTECEU COM A TALIDOMIDA

Segundo o Museu de Ciência do Reino Unido, os pesquisadores da farmacêutica Grunenthal, que fabricava o medicamento na Alemanha na década de 1950, haviam feito testes e afirmaram que havia sido "praticamente impossível chegar a uma dose letal do medicamento" nos estudos com animais. Em grande parte, isso serviu de base para considerar a droga "inofensiva para os humanos". Ocorre que muitas substâncias que não são tóxicas para camundongos, por exemplo, podem ser danosas para outros mamíferos. E mesmo aquelas que são inócuas para vários animais podem se revelar extremamente tóxicas para os seres humanos. Foi a partir dessa constatação que se estabeleceu boa parte do protocolo de testagem de medicamentos em vigor até hoje. Por isso, uma nova droga, para ser aprovada, precisa ser testada em pelo menos três diferentes animais e também nos seres humanos – em nada menos que quatro fases, em geral. O medicamento foi vendido em 49 países e levou cinco anos para que fosse estabelecida uma conexão entre a Talidomida tomada por grávidas e o impacto em seus filhos. Ela só foi retirada do mercado em 1961. No Brasil, vítimas da Talidomida ganharam direito a indenizações pelo governo brasileiro em 2010.

O governo foi responsabilizado porque, diferentemente de outros países, que retiraram a droga de circulação em 1961, o Brasil só suspendeu o uso do medicamento para este fim quatro anos depois.

QUESTÕES QUE PODEM TRABALHADAS COM OS ALUNOS

- Já tinha conhecimento sobre o fármaco Talidomida?
- O que pensa sobre o fato do medicamento Talidomida ser o responsável pela maior tragédia da medicina?
- A automedicação é uma prática muito frequente entre os humanos. Com base nessa afirmação, responda:
 - a) Alguma vez já se automedicou?
 - b) Conhecendo o efeito teratogênico da Talidomida em fetos na gestação, e sabendo que alguns medicamentos causam efeitos colaterais no organismo humano, qual é a sua opinião sobre automedicação?
 - A informação de que o conhecimento químico permite a compreensão da tragédia causada pela Talidomida, aumenta o seu interesse em aprender mais sobre os conteúdos da Química?
 - Até o ano de 2010, foram registrados no Brasil cerca de 429 casos de novos casos de teratogênese, devido ao uso da Talidomida (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, 2021). O Ministério da Saúde em parceria com a Anvisa, têm realizado ações de educação continuada no intuito de conscientizar sobre o uso racional e controle do medicamento. No entanto, atualmente há casos de gestantes utilizando a Talidomida (JESUS et al., 2020). De acordo com essa informação, você considera que ampliar o conhecimento em Química auxiliaria na redução do número de gestantes que ainda utilizam a Talidomida?

1.2 WHATSAPP E EDPUZZLE - CADASTRO DE GRUPOS

Nesta etapa, sugerimos que o professor apresente aos alunos e explique os principais recursos de utilização do *WhatsApp* como ferramenta digital e de suporte ao desenvolvimento do Ensino Híbrido. Os alunos devem ser cadastrados em um grupo de *WhatsApp* identificado, por exemplo, como “Grupo Isomeria”, tendo o professor como administrador. Essa atividade pode ser realizada em sala de aula na Escola e com o uso de celulares/*tablets* conectados à *internet*.

Como aporte para a sala de aula invertida, o professor-pesquisador pode criar uma sala virtual denominada “Isomeria” no aplicativo *Edpuzzle* e compartilhar o *link* de acesso, por meio do grupo de *WhatsApp*. Esse aplicativo permitirá acompanhar os alunos referente à visualização das videoaulas disponibilizadas sobre isomeria, podendo obter informações daqueles que visualizaram as mesmas por completo ou mesmo parte delas. A utilização do *Edpuzzle* deve ser orientada pelo professor, de modo que os alunos possam conhecer o aplicativo para o acesso às videoaulas, durante os estudos *on-line*. Existem no *youtube* diversos vídeos explicativos de como utilizar o aplicativo. Cabe ao professor buscar aquele que mais atende às suas necessidades.

1.3 PERFIL DOS ALUNOS - ESTUDOS E USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO/TDIC

Para obter um perfil dos alunos em relação aos estudos e uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), sugerimos a aplicação do Questionário A (Apêndice 1), estruturado no *Google Forms*. Dessa forma, os alunos poderão responder de formato *on-line*, sendo o *link* de acesso compartilhado no grupo de *WhatsApp*. O tempo de preenchimento do questionário é de aproximadamente 10 minutos. Ao analisar as respostas dos alunos, o professor poderá utilizar as informações para melhor direcionar os trabalhos que serão realizados, com o intuito tornar o ensino de isomeria mais atrativo.

TÓPICO 2

ISOMERIA CONSTITUCIONAL

Objetivos:

- Introduzir o conteúdo sobre a isomeria constitucional de compostos orgânicos, aplicando o submodelo de sala de aula invertida.
- Utilização dos aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle* para a realização de atividades (videoaulas e/ou texto) *on-line*.
- Estimular os alunos a desenvolverem a autonomia de estudos de modo que passem a ser responsáveis pela construção do próprio conhecimento.
- Estabelecer um diálogo entre professor e alunos em sala de aula, o que possibilitará o debate aprofundado das dúvidas surgidas durante o processo de estudo dos conteúdos realizados *on-line*.
- Consolidar e avaliar o ensino dos alunos quanto aos conceitos de isomeria constitucional, por meio de atividades aplicadas no submodelo de rotação por estações.
- Proporcionar aos alunos oportunidades para que desenvolvam sua criatividade, trabalhem de forma colaborativa e possam aplicar seu conhecimento cognitivo na resolução de problemas.

Tempo Estimado: 02 aulas de 50 minutos (o tempo da atividade de sala de aula invertida não está incluso, pois será realizado em formato *on-line* e à distância)

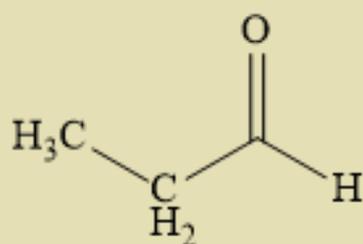


PARA SABER MAIS...

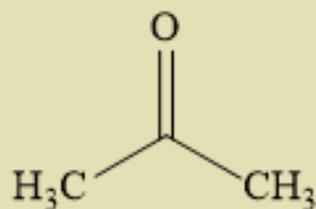
ISOMERIA CONSTITUCIONAL

Compostos que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem entre si na maneira com que seus átomos estão conectados são chamados de isômeros constitucionais, isto é, os átomos que compõem as moléculas são idênticos, no entanto, o arranjo é diferente (ATKINS, 2018). Por exemplo, os compostos butano e metil-propano, apesar de terem a mesma fórmula molecular, a conexão entre os átomos de carbono (C) são diferentes, caracterizando uma cadeia carbônica linear e uma ramificada, respectivamente. Entretanto, ambos os compostos são gases, porém o butano condensa em -1°C e o metil-propano, em -12°C (ATKINS, 2018). Visando organizar os estudos do conteúdo, a isomeria constitucional é dividida em isomeria de função, cadeia, posição e de compensação ou metameria (BRUNI et al., 2016).

- **ISOMERIA DE FUNÇÃO** - Os isômeros pertencem às funções orgânicas diferentes como. Exemplo:



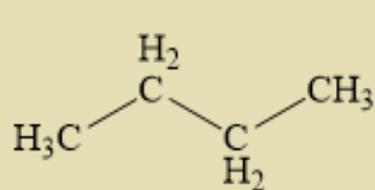
propanal



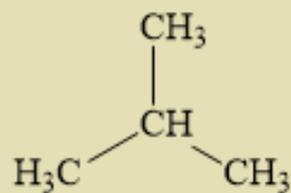
propanona

- **ISOMERIA DE CADEIA** - Os isômeros apresentam diferenças na cadeia carbônica principal. Exemplos:

Cadeia aberta sem e com ramificação:

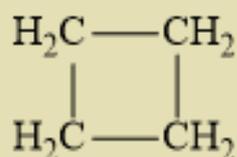


butano

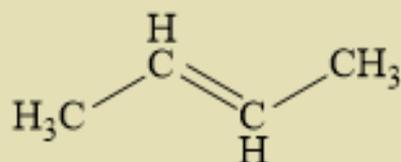


metil-propano

Cadeia aberta e fechada:

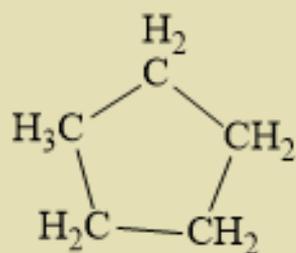


ciclo-butano

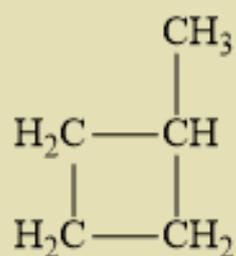


but-2-eno

Cadeia fechada sem e com ramificação:



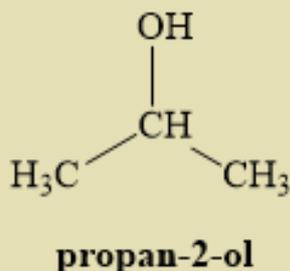
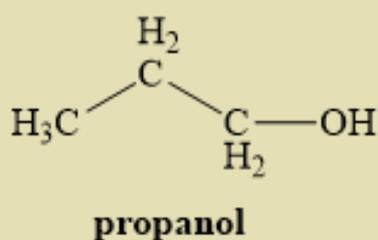
ciclo-pentano



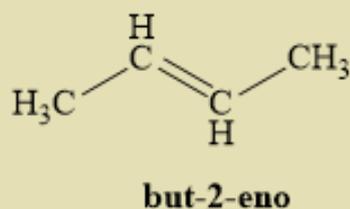
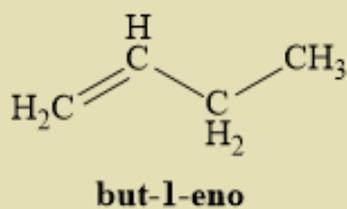
metil-ciclo-butano

- **ISOMERIA DE POSIÇÃO** - Os isômeros apresentam diferenças quanto na posição de um radical ou de uma insaturação.

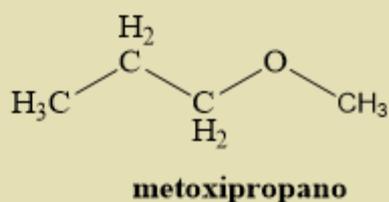
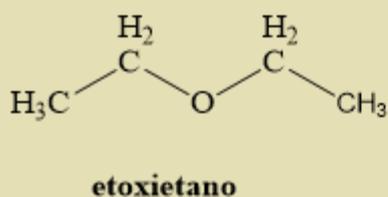
Posição de radical:



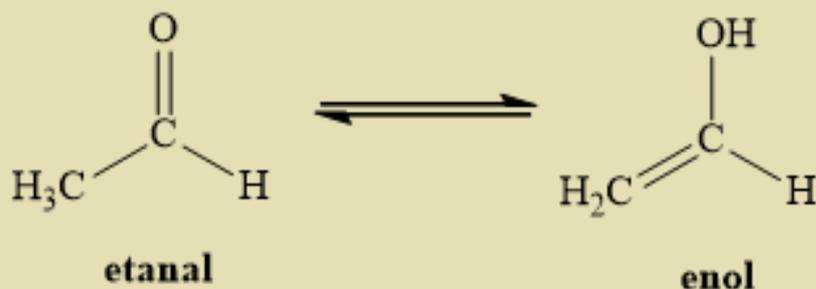
Posição de insaturação:



- **ISOMERIA DE COMPENSAÇÃO OU METAMERIA** - Os isômeros apresentam diferenças quanto na posição de um heteroátomo na cadeia carbônica.
Exemplo:



- **TAUTOMERIA:** Os isômeros apresentam mesma fórmula molecular, porém consistem em compostos de funções orgânicas diferentes em equilíbrio químico dinâmico. Exemplo:



PARA SABER MAIS...

O ENSINO HÍBRIDO - *BLENDED LEARNING*

O Ensino Híbrido é uma abordagem pedagógica que combina as atividades presenciais com as realizadas por meio das TDIC (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015). Os autores Christensen, Staker e Horn (2013), baseados no documento intitulado “Ensino Híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos”, trouxeram uma definição bastante ampla do Ensino Híbrido, também denominado de *blended learning*, além de apresentarem diferentes modelos ou formas de aplicação. O Ensino Híbrido foi considerado pelos autores como um programa de educação formal, em que o aluno aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino *on-line* e tem o controle sobre o tempo, modo e/ou ritmo do estudo e localidade física supervisionada e fora de sua residência. Essa abordagem pedagógica converge os ensinamentos presencial e à distância, além de extrair a essência de cada uma destas modalidades.

Nos estudos conduzidos em formato *on-line* é considerada a autonomia do aluno em estabelecer quando, onde e com quem vai estudar. Ainda, os conteúdos e as instruções devem ser planejados e elaborados pelo professor, especificamente para a disciplina. As atividades à distância, essas comumente utilizam de vídeos extraídos de plataformas como *Khan Academy*, *TED Talks* e *YouTube*, ou podem ser criados pelo próprio professor, entretanto, são visualizados pelos alunos antes das aulas presenciais (BERGMANN; SAMS, 2012; HAMDAN et al., 2013; MORAN; MILSON, 2015). As atividades podem ser também realizadas por meio de textos, podcasts e apresentações em *Power Point*, permitindo que professores ensinem conteúdos de maneira eficiente e em um curto intervalo de tempo, quando comparado ao modelo tradicional de ensino (MASON; SHUMAN; COOK, 2013). A parte presencial deve necessariamente ter a supervisão do professor, valorizar as interações interpessoais e abordar as atividades trabalhadas de forma *on-line*, proporcionando um processo de ensino-aprendizagem com melhor qualidade, interessante e personalizada. O Ensino Híbrido tem sido utilizado na Educação Básica e Superior, principalmente nos Estados Unidos e Canadá (VALENTE, 2014).

De acordo com Christensen, Horn, Staker e Horn (2013) e Bacich, Neto e Trevisani (2015), o Ensino Híbrido apresenta quatro (04) principais modelos, que são categorizados como:

1. Modelo de Rotação - em um curso ou disciplina, os alunos revezam diferentes tipos de atividades de ensino, seguindo um roteiro fixo a critério do professor, sendo pelo menos uma atividade realizada *on-line*.

Outros tipos de atividades podem incluir tarefas em grupos pequenos ou turmas completas, trabalhos em grupo, tutoria individual e trabalhos escritos. O modelo de Rotação tem quatro submodelos: a) Rotação por Estações, b) Laboratório Rotacional, c) Sala de Aula Invertida, e d) Rotação Individual. Para melhor compreensão desses submodelos, seguem suas descrições:

a) **Rotação por Estações** - proporciona ao aluno a possibilidade de circular dentro

da sala de aula pelas diferentes estações, sendo uma delas a estação de aprendizagem *on-line*, outra de desenvolvimento de projeto, trabalho em grupo ou interagindo com o professor. O submodelo de rotação por estações tem sido chamado de Rotação de Turmas ou Rotação em Classe.

b) Laboratório Rotacional – o aluno circula em diferentes espaços no ambiente escolar, sendo um deles o laboratório de informática, no qual se realizam as atividades *on-line* ou em laboratórios, para o desenvolvimento de práticas específicas.

c) Sala de Aula Invertida - a rotação ocorre entre as atividades supervisionadas pelo professor no ambiente escolar e a residência ou outra localidade fora da escola para aplicação do conteúdo e lições *on-line*.

d) Rotação Individual - difere dos outros modelos de Rotação em essência, sendo que cada aluno tem um roteiro individualizado e, não necessariamente, participa de todas as estações ou atividades disponíveis.

2. Modelo Flex - é aquele em que o ensino *on-line* é considerado a espinha dorsal do aprendizado do aluno, mesmo que o modelo direcione para a execução de atividades que não necessitem de *internet* em alguns momentos. Os alunos seguem um roteiro fluido e adaptado individualmente e o professor está na mesma localidade.

3. Modelo À La Carte La Carte - os alunos participam de um ou mais cursos integralmente *on-line* com o professor e, ao mesmo tempo, continuam vivenciando o modelo tradicional de ensino. Os alunos podem participar dos cursos *on-line* nas unidades físicas ou fora delas.

4. Modelo Virtual Enriquecido - é uma experiência de escola integral em que os alunos realizam parte das tarefas na unidade escolar e a outra parte como ensino *on-line*.

O modelo de rotação e seus submodelos seguem mais o entendimento da concepção do Ensino Híbrido (Zona Híbrida), uma vez que buscam compartilhar os benefícios ofertados na sala de aula física e no ensino *on-line* (Figura 2). Os modelos Flex, A La Carte, Virtual Enriquecido e de Rotação Individual, por outro lado, desenvolvem-se de modo mais disruptivo em relação ao sistema tradicional de ensino (CHRISTENSEN; STAKER; HORN, 2013). Para os modelos que se encontram fora da Zona Híbrida, é observada a concepção da realização do ensino com prioridade no desenvolvimento de atividades *on-line*, afastando-se da sala de aula tradicional.

Figura 2 - Modelos Híbridos e a Zona híbrida.



Fonte: Christensen; Staker e Horn, 2013 - modificada.

Vale ressaltar que o Ensino Híbrido pode ser aplicado pelo professor a uma turma de alunos de maneira a utilizar um ou mais submodelos inseridos na zona híbrida de ensino. Não há uma ordem estabelecida para a aplicação e desenvolvimento desses submodelos e nem hierarquia entre cada um deles (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015). A aplicação de qualquer submodelo e a combinação entre cada um, vem de encontro com as necessidades pré-estabelecidas durante a prática docente, ficando a cargo do professor decidir quais seriam adequados e aplicados em sua prática educacional.

O Ensino Híbrido pode oportunizar experiências riquíssimas, beneficiando o processo de ensino-aprendizagem. Enfield (2013) relatou que os alunos se sentiram mais confiantes para aprender de forma independente. Lima-Júnior et al. (2017) notaram melhoria significativa no rendimento escolar e na aprovação dessa metodologia pela maioria dos alunos da disciplina Química, em uma turma do 3º ano do Ensino Médio.

As vantagens da aplicação de sala de aula invertida estão relacionadas, principalmente, à identificação e atendimento das necessidades individuais de aprendizagem dos alunos. Caso o conteúdo de um vídeo não seja completamente compreendido, o mesmo pode ser revisto até o completo entendimento. Além disso, a metodologia permite o contato com a tecnologia digital (BERGMANN; SAMS, 2012) e oportuniza diferentes estilos de aprendizagens (MASON; SHUMAN; COOK, 2013). Herreid e Schiller (2013) relataram a exigência de dedicação de tempo para o preparo das videoaulas, orientação dos alunos, a elaboração de estratégias para a construção de conhecimentos, demandando melhor preparo profissional do professor. Os mesmos autores também relataram certa preocupação em relação ao conteúdo ser ministrado além do professor, ficando sob a responsabilidade dos alunos. Ainda, discutiram sobre a dificuldade para a implantação da metodologia, uma vez que a maioria dos alunos brasileiros não estão acostumados a terem autonomia no momento da aprendizagem (MARTINS et al., 2019).

2 ATIVIDADES

2.1 ISOMERIA CONSTITUCIONAL - SALA DE AULA INVERTIDA

Ao aplicar o submodelo de sala de aula invertida, disponibilize aos alunos no grupo de *WhatsApp* o *link* de uma videoaula do aplicativo *Edpuzzle* que trate sobre o conteúdo de isomeria constitucional.

Como sugestão de videoaula, indicamos a que encontra-se disponível no *link* <https://www.youtube.com/watch?v=A8HSV2RPLss&t=2s>. Esta videoaula foi autorizada pelo seu autor para ser usada e reproduzida nessa sequência didática, garantindo que o professor não infringirá os direitos autorais ao utilizá-la. A videoaula poderá ser visualizada pelos alunos quantas vezes forem necessárias até que os conteúdos sejam compreendidos. Esta atividade deverá ser realizada de forma remota, em um momento assíncrono e antes da próxima aula presencial. Esta abordagem possibilitará que os alunos desenvolvam a autonomia de estudos e fiquem mais responsáveis pela construção do próprio conhecimento.

2.2 RODA DE CONVERSA/GRUPO DE ESTUDO

No formato de aula presencial, realize uma roda de conversa/grupo de estudo com os alunos, após terem visualizado e estudado os conteúdos da videoaula disponibilizada, conforme descrito no item 2.1, deste tópico. Nesta atividade, recomendamos que o professor aborde as dúvidas dos alunos sobre isomeria constitucional em sala de aula, buscando esclarecer e solucionar as dificuldades que possam surgir. Assim, será possível retomar os conteúdos abordados e ampliar o entendimento dos alunos sobre o assunto.

2.3 ISOMERIA CONSTITUCIONAL - ROTAÇÕES POR ESTAÇÃO

Nesta atividade, o professor deverá organizar a sala de aula para a realização das atividades de acordo com o submodelo de rotação por estações.

Para isso, sugerimos algumas atividades que podem ser desenvolvidas no submodelo de rotação por estações, conforme descritas a seguir:

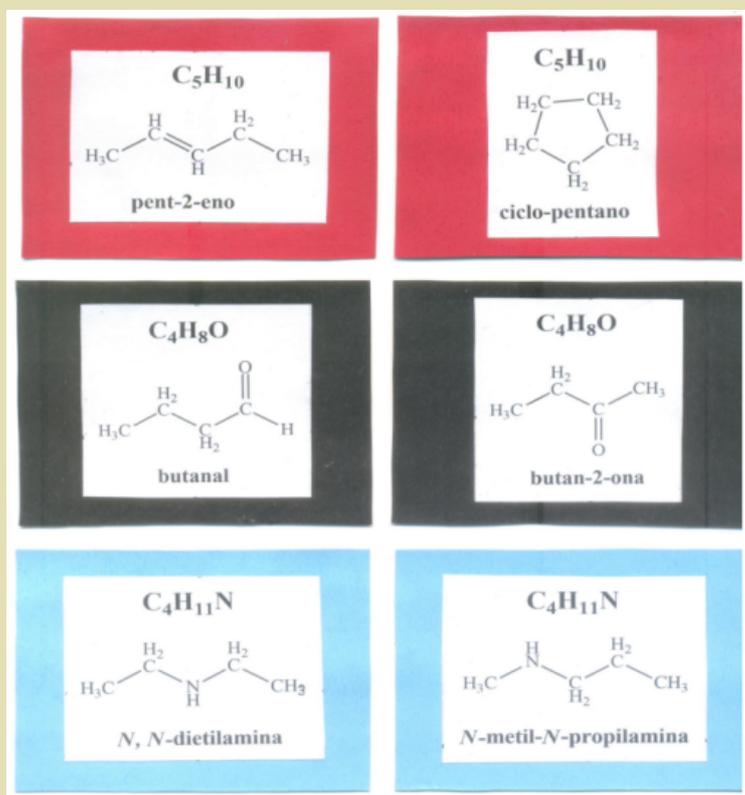
2.3.1 ESTAÇÃO 1 - JOGO DE MEMÓRIA

Tempo estimado: 15 minutos.

Visando consolidar o ensino de isomeria constitucional, propomos uma atividade lúdica semelhante ao jogo de memória, denominada "Pareando Isômeros", aplicada no submodelo de Rotação por Estações. Esta atividade tem como objetivo aprimorar o conhecimento dos alunos e estimular a memorização e a compreensão do referido conteúdo.

A elaboração do jogo "Pareando Isômeros" é simples e de baixo custo, utilizando-se de materiais comumente encontrados em papelerias, tais como papel cartão, tesoura, cola branca. Para a elaboração do jogo "Pareando Isômeros", utilize papel cartão de 5 diferentes cores (marrom, amarelo, verde, vermelho e preto), recortando um total de 10 cartas de 8,0 cm x 10,5 cm (Figura 3).

Figura 3 - Cartas representativas do jogo da memória "Pareando Isômeros".

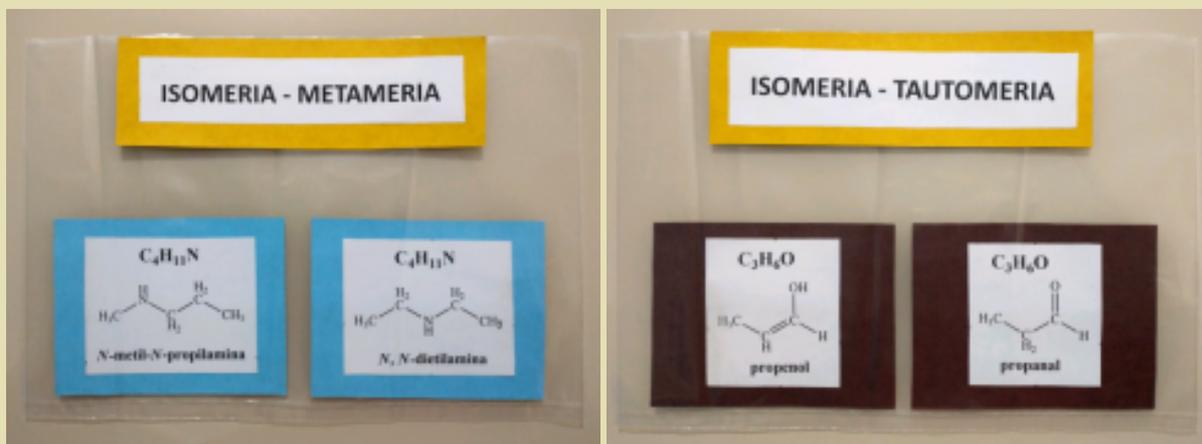


Fonte: Dos autores, 2023.

As fórmulas e estruturas moleculares dos compostos isoméricos podem ser feitas por meio do *software ChemDraw*. Cada par de cartas de mesma cor, deve conter as fórmulas e estruturas moleculares dos isômeros impressas e coladas, fazendo referência a cada uma das 5 classes da isomeria constitucional (função, cadeia, posição, metameria e tautomeria).

Sugerimos que os alunos sejam divididos em grupos designados por A, B, C e D ou em outros mais que se fizerem necessários. O professor deve ler as regras do jogo e dispor as cartas embaralhadas em uma mesa, apresentando o verso a todos os participantes. O verso das cartas foi mantido em papel cartão original, ficando todas padronizadas, de forma a tornar impossível distinguir os pares dos isômeros por meio das cores das cartas. O grupo que iniciará a busca pelo par de isômeros representados nas cartas do jogo pode ser decidido na brincadeira do “par ou ímpar”. A cada rodada do jogo, os grupos posteriormente desvirar duas cartas, na intencionalidade de encontrarem o isômero correspondente e formarem o par. Após a formação de cada par, os grupos precisam analisar as estruturas moleculares dos compostos, com base nos conteúdos previamente aprendidos sobre a isomeria constitucional e devem classificar o tipo de isomeria. Feito isso, cada grupo deve depositar o par de cartas em um compartimento de plástico, próprio para a categoria de isomeria que está sendo trabalhada, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Imagem ilustrativa da categorização dos isômeros de acordo com a classificação da isomeria constitucional.



Fonte: Dos autores, 2023.

Nessa atividade, os alunos devem ser incentivados a compartilhar os conhecimentos para a elaboração das respostas. Para o acompanhamento e avaliação do ensino, as respostas dadas pelos grupos podem ser anotadas em folhas de sulfite e entregues ao professor para que sejam analisadas.

2.3.2 ESTAÇÃO 2 - AVALIAÇÃO DO ENSINO

Tempo estimado: 25 minutos.

Sugerimos que esta atividade seja realizada de forma *on-line* e presencial, aplicando-se o Questionário B previamente elaborado no *Google Forms*, no intuito de avaliar o ensino do conteúdo sobre isomeria constitucional. As questões aplicadas foram selecionadas e obtidas de exames vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio/ENEM. Posteriormente, o professor precisará fazer uma análise quantitativa das respostas e os resultados devem ser compartilhados com os alunos. O *link* de acesso ao Questionário B deve ser disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma de alunos, após a conclusão das atividades da Estação 01. O Questionário B descrito nesta proposta pode ser visualizado no Apêndice 2.

TÓPICO 3

ISOMERIA GEOMÉTRICA

Objetivos:

- Introduzir o conteúdo sobre a isomeria geométrica de compostos orgânicos, aplicando-se o submodelo de sala de aula invertida.
- Utilizar os aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle* para a realização de atividades (videoaulas e/ou texto) desenvolvidas em formato *on-line*.
- Estimular os alunos a desenvolverem a autonomia de estudos, de modo que passem a ser responsáveis pela construção do próprio conhecimento.
- Estabelecer diálogo com os alunos em sala de aula, oportunizando trabalhar as dúvidas surgidas durante os estudos dos conteúdos realizados de maneira *on-line*.
- Consolidar e avaliar o ensino dos alunos quanto aos conceitos de isomeria geométrica, por meio de atividades aplicadas no submodelo de rotação por estações.
- Proporcionar aos alunos oportunidades para que desenvolvam sua criatividade, trabalhem de forma colaborativa e possam aplicar seu conhecimento cognitivo na resolução de problemas.

Tempo Estimado: 01 aula de 50 minutos (o tempo da atividade de sala de aula invertida não está incluso, pois será realizado no formato *on-line* e à distância).

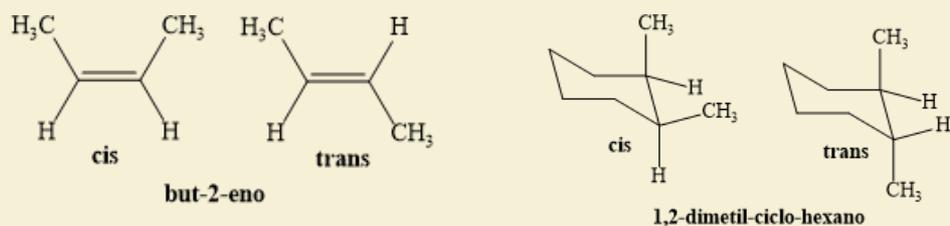


PARA SABER MAIS...

ISOMERIA GEOMÉTRICA

Uma das classes de estereoisômeros é a dos isômeros geométricos, em que os átomos têm arranjos diferentes em cada lado de uma ligação dupla covalente, ou acima e abaixo do anel de um composto cíclico. Os isômeros geométricos de alcenos dissustituídos são distinguidos pelos prefixos cis e trans. Se o alceno é trissustituído ou tetrassustituído, os termos cis ou trans são duvidosos ou não se aplicam (SOLOMONS; FRYHLE, 2012). Neste caso, utiliza-se o chamado Sistema (E - *entgegen*) e (Z - *zusammen*), seguindo as regras propostas pelos químicos Robert Sidney Cahn, Christophe KelkIngold e Vladimir Prelog em 1966 e adotado pela *International Union of Pure and Applied Chemistry/IUPAC* (ORLANDO, 2007). A Figura 5 retrata exemplos de dois isômeros do composto but-2-eno: no isômero cis, os dois grupos metila estão no mesmo lado da ligação dupla; no isômero trans, os grupos metila estão em lados opostos da ligação dupla. Em se tratando do composto 1,2-dimetil-ciclo-hexano, no isômero cis os dois grupos metila estão voltados para o mesmo plano imaginário da molécula, enquanto que no isômero trans, os grupos metilas estão orientados de maneira opostas ao plano imaginário do anel cíclico. Os isômeros geométricos têm a mesma fórmula molecular e fórmulas estruturais diferentes, conferindo diferentes propriedades físicas e químicas (ATKINS, 2018).

Figura 5 - Isômeros geométricos de but-2-eno e do 1,2-dimetil-ciclo-hexano.



Fonte: Atkins, 2018 - modificada.

3 ATIVIDADES

3.1 ISOMERIA GEOMÉTRICA - SALA DE AULA INVERTIDA

Aplicando-se o submodelo de sala de aula invertida, disponibilize aos alunos, pelo grupo de *WhatsApp*, o *link* de uma videoaula que aborde o conteúdo de isomeria geométrica, inserida no aplicativo *Edpuzzle*. Como sugestão de videoaula indicamos a disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=2K_Bu_0RsLM&t=5s. A videoaula indicada foi autorizada pelo autor para sua utilização e reprodução nesta sequência didática, podendo o professor utilizá-lo sem infringir os direitos autorais. A videoaula poderá ser visualizada pelos alunos quantas vezes forem necessárias até que os conhecimentos sejam compreendidos. Esta atividade deverá ser realizada *on-line* em momento assíncrono, antes da próxima aula presencial.

Esta atividade estimulará os alunos a desenvolverem a autonomia de estudos, tornando-os responsáveis pela construção de seu próprio conhecimento.

3.2 RODA DE CONVERSA/GRUPO DE ESTUDO

No formato de aula presencial, realize uma roda de conversa/grupo de estudo com os alunos, após terem visualizado e estudado os conteúdos da videoaula disponibilizada, conforme descrito no item 3.1, deste tópico. Nesta atividade, recomendamos que o professor aborde as dúvidas dos alunos sobre isomeria geométrica em sala de aula, buscando esclarecer e solucionar as dificuldades que possam surgir. Assim, será possível retomar os conteúdos abordados e ampliar o entendimento dos alunos.

3.3 ISOMERIA GEOMÉTRICA - ROTAÇÕES POR ESTAÇÃO

Nesta atividade, o professor deverá organizar a sala de aula para a realização das atividades de acordo com o submodelo de rotação por estações. Como estações de estudos, foram desenvolvidas algumas atribuições, conforme descritas a seguir:

3.3.1 ESTAÇÃO 1 - REALIDADE AUMENTADA

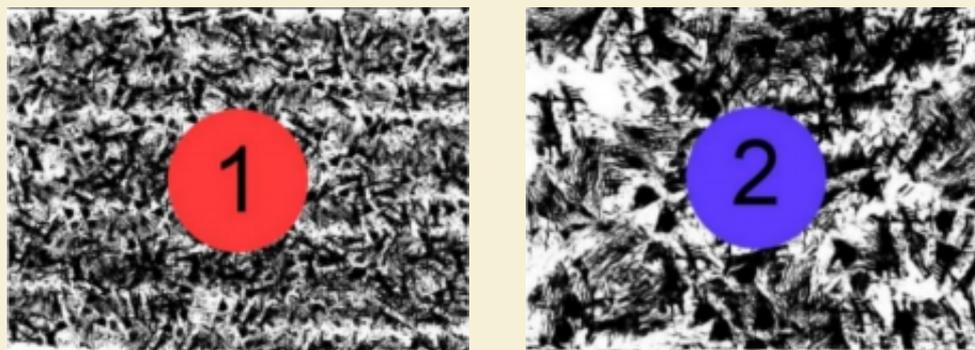
Tempo estimado: 15 minutos.

Para consolidar o ensino de isomeria geométrica, propomos uma atividade que utiliza a Realidade Aumentada (RA) com o auxílio do aplicativo *Isomère Z/E - Mirage*, disponível para baixar na *Play Store*. Esta atividade se fundamenta no submodelo de rotação por estações, propiciando aos alunos uma experiência educacional enriquecedora e dinâmica.

Para usar o aplicativo, é necessário que um dispositivo móvel (celular/tablet) possua sistema operacional *Android* 4.4 ou superior. Além disso, é preciso imprimir os marcadores gerados pelo próprio aplicativo, utilizando-se de papel A4. O professor deve recortar cada marcador numerado de 1 a 12 e distribuir aos alunos.

É importante destacar que, caso não seja possível imprimir os marcadores, é possível armazená-los e abri-los em outro dispositivo. Nesse caso, o usuário deverá posicionar a câmera do seu dispositivo sobre a tela de outro dispositivo que contém os marcadores. A Figura 6 ilustra alguns dos marcadores necessários para a realização dessa atividade.

Figura 6 - Representantes de marcadores no aplicativo *Isomère Z/E - Mirage*.



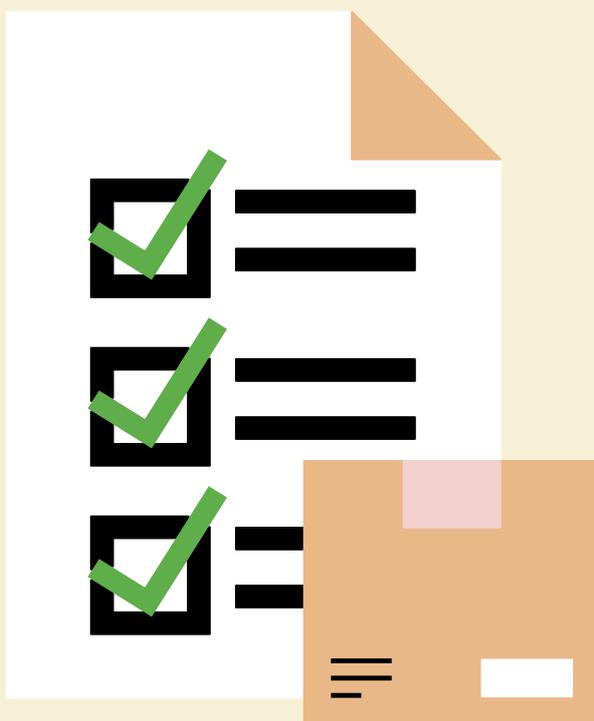
Fonte: Dos autores, 2023.

3.3.2 ESTAÇÃO 2 - AVALIAÇÃO DO ENSINO

Tempo estimado: 25 minutos.

Esta atividade pode ser realizada em formato *on-line* e presencial, aplicando-se o Questionário C previamente elaborado no *Google Forms*, no intuito de avaliar o ensino do conteúdo envolvendo isomeria geométrica. As questões aplicadas foram selecionadas e obtidas de exames vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio/ENEM.

Posteriormente, o professor precisará fazer uma análise quantitativa das respostas e os resultados devem ser compartilhados com os alunos. O *link* de acesso ao Questionário C deve ser disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma de alunos, após a conclusão das atividades da Estação 01 (Item 2.6.1). O Questionário C aqui descrito nesta proposta pode ser visualizado no Apêndice 3.



TÓPICO 4

ISOMERIA ÓPTICA

Objetivos:

- Introduzir o conteúdo sobre a isomeria óptica de compostos orgânicos, aplicando-se o submodelo de sala de aula invertida.
- Utilizar os aplicativos *WhatsApp* e *Edpuzzle* para a realização de atividades (videoaulas e/ou texto) em formato *on-line*.
- Estimular os alunos a desenvolverem a autonomia de estudos e de modo que passem a ser responsáveis pela construção do próprio conhecimento.
- Estabelecer diálogo com os alunos em sala de aula, oportunizando trabalhar as dúvidas surgidas durante os estudos dos conteúdos realizados de maneira *on-line*.
- Consolidar e avaliar o ensino dos alunos quanto aos conceitos de isomeria óptica, por meio de atividades aplicadas no submodelo de rotação por estações.
- Estimular a colaboração entre os alunos para a resolução de problemas.

Tempo Estimado: 01 aula de 50 minutos (o tempo da atividade de sala de aula invertida não está incluso, pois será realizado de forma *on-line* e à distância).

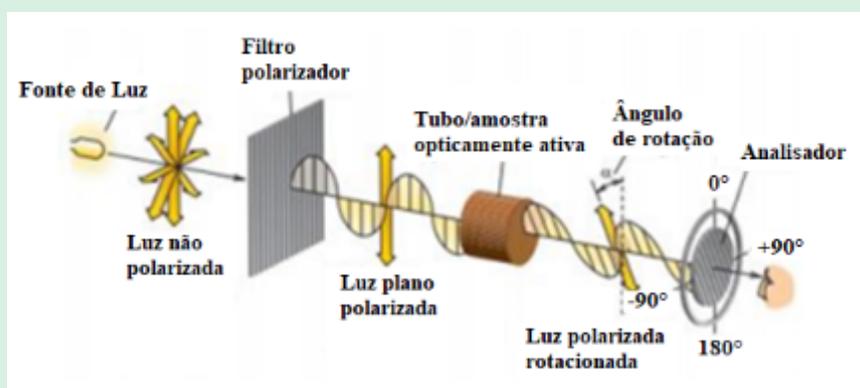


PARA SABER MAIS...

ISOMERIA ÓPTICA: BREVE HISTÓRICO E ATUALIDADE

Em 1815, o cientista francês Jean Baptiste Biot estudava a natureza da luz, incidindo a luz plano polarizada em várias soluções de substâncias orgânicas. Em seus estudos, foi descoberto que certas soluções de substâncias orgânicas como, por exemplo, açúcares, giravam o plano da luz polarizada. Essas substâncias foram chamadas de opticamente ativas. Biot também observou que apenas algumas substâncias possuíam essas características. As substâncias que não possuíam essa característica foram chamadas de opticamente inativas (KLEIN, 2016). A rotação da luz plano polarizada provocada pela presença de compostos opticamente ativos, pode ser medida experimentalmente utilizando um polarímetro. A representação do esquema de um polarímetro é mostrada na Figura 7.

Figura 7 - Esquema de um polarímetro.



Fonte: Carey, 2011 - modificada.

De acordo com Carey (2011), a luz utilizada para medir a atividade óptica da luz planopolarizada apresenta um único comprimento de onda. O comprimento de onda mais utilizado é o de 589 nm (denominado de linha D), que corresponde à luz amarela produzida por uma lâmpada de sódio. A lâmpada de sódio utilizada é comum, uma vez que sua luz não é polarizada, significando que a propagação da radiação eletromagnética ocorre em todas as direções. Um feixe de luz não polarizado é transformado em planopolarizado, quando a luz passa através de um filtro polarizador, que remove todas as ondas, com exceção daquela em que o vetor de campo elétrico pertence ao mesmo plano (CAREY, 2011). A luz plano polarizada passa através do tubo que contém a amostra da substância a ser analisada, estando essa última em solução por meio de um solvente adequado, sendo em geral, utilizado a água, etanol ou clorofórmio. A amostra é “ópticamente ativa” caso gire o plano da luz plano polarizada. A direção e a magnitude da rotação são medidas usando um segundo filtro polarizador (o “analisador”) e obtidas como ângulo de rotação α , conforme pode ser observado na Figura 7 (CAREY, 2011).

Segundo Carey (2011), o plano de polarização de uma onda de luz passa por uma rotação quando incide sobre uma molécula quiral. As formas enantioméricas de uma molécula quiral causam uma rotação do plano de polarização em quantidades exatamente iguais, mas em direções opostas. Uma solução que contém quantidades iguais de enantiômeros não exhibe rotação óptica (CAREY, 2011), uma vez que os incrementos de rotação horária produzidos por um enantiômero são cancelados por um número igual de incrementos de rotação anti-horária produzidos pelo outro enantiômero (CAREY, 2011). As misturas racêmicas são ópticamente inativas, por outro lado, quando um enantiômero está presente em excesso, uma rotação do plano de polarização é observada. (CAREY, 2011).

Em 1847, foi proposta uma explicação para a origem da atividade óptica pelo cientista francês Louis Pasteur. Em sua pesquisa, concluiu-se que a atividade óptica é uma consequência direta da quiralidade, ou seja, substâncias quirais são ópticamente ativas e as aquirais não são. Além disso, Pasteur observou que os enantiômeros giram o plano da luz plano polarizada em magnitudes iguais, mas, em sentidos opostos (KLEIN, 2016).

A compreensão dos conhecimentos em isomeria óptica abriu uma nova era de aplicação e desenvolvimento de compostos orgânicos. Atualmente, a isomeria óptica tem relevante importância na área farmacêutica, uma vez que as drogas apresentam-se como isômeros e diferem em suas propriedades farmacocinéticas e farmacodinâmicas (CHHABRA; ASERI; PADMANABHAN, 2013). Compreendendo melhor essa questão por meio de exemplos, o isômero (R,R)-Cloranfenicol, que é utilizado como antibiótico, o seu isômero (S,S)-Cloranfenicol mostra-se ser inativo; o (S,S)-Etambutol é um medicamento antituberculose, enquanto o (R,R)-Etambutol foi observado como sendo causador de cegueira (FEDERSEL, 1993; CHAN, 1993). Assim, o conhecimento da isomeria óptica tem auxiliado na descoberta de drogas mais seguras e eficazes.

O estudo, desenvolvimento, produção e comercialização de um enantiômero puro a partir de um racemato original é chamado de *chiral switching* e com essa prática, várias empresas conseguiram estender o período de patente de fármacos. Essa estratégia vem se tornando um atrativo para o desenvolvimento de novos fármacos, pois muitos estudos clínicos necessários para o desenvolvimento do enantiômero puro já foram realizados durante o desenvolvimento do racemato, o que torna o processo mais dinâmico e barato (ORLANDO, 2007; GELLAD, et al., 2014). A justificativa da concessão de novas patentes para o desenvolvimento e produção de enantiômeros puros é baseada nos fatos de que os mesmos apresentem uma ou mais das seguintes vantagens: i) maior índice terapêutico; ii) menor ou maior duração do tempo de ação (meia vida); iii) menor variabilidade interindividual; iv) menor potencial de interações medicamentosas e v) menor capacidade de desenvolver efeitos colaterais (ORLANDO, 2007).

Vale ressaltar que a polarimetria é constantemente utilizada em diversas áreas da pesquisa como, por exemplo, o artigo publicado no *European Journal of Physics*, cujo título é “Previsões teóricas das mudanças na irradiação e na cor dos feixes de luz que viajam na água com açúcar, causadas por fenômenos de rotação óptica, e suas possíveis aplicações para fins educacionais” (TOKUMITSU; HASEGAWA, 2018).

O referido artigo pontua que os fenômenos de coloração causados pela rotação óptica de feixes de luz plano polarizada em água açucarada podem ser utilizados como uma ferramenta educacional. Neste artigo, tais fenômenos de coloração são estudados em termos teóricos, e os resultados são comparados com os obtidos experimentalmente. Nesta perspectiva, pode também ser mencionado o artigo publicado no *Journal of Biomedical Optics* (GHOSH; VITKIN, 2011), o qual destaca que a polarimetria tem uma história longa e bem sucedida. Impulsionado por seu potencial biomédico, o uso de abordagens polarimétricas para avaliação de tecidos biológicos, recentemente recebeu atenção considerável. Especificamente, a polarização pode ser usada como uma ferramenta eficaz para discriminar e multiplicar a luz espalhada, para aumentar o contraste e melhorar a resolução da imagem do tecido (GHOSH, VITKIN, 2011). Diante do exposto, é notável a importância da polarimetria e, conseqüentemente, da isomeria, as quais ultrapassam os muros da escola, podendo ser utilizadas em vários campos que vão desde indústrias até mesmo na medicina.

4 ATIVIDADES

4.1 ISOMERIA ÓPTICA - SALA DE AULA INVERTIDA

Aplicando-se o submodelo de sala de aula invertida, disponibilize aos alunos, pelo grupo de *WhatsApp*, o *link* de uma videoaula que aborde o conteúdo de isomeria óptica, inserida no aplicativo *Edpuzzle*. Como sugestão de videoaula indicamos a disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2xj2nR1lg70&feature=youtu.be>. A videoaula indicada foi autorizada pelo autor para sua utilização e reprodução nesta sequência didática, podendo o professor utilizá-lo sem infringir os direitos autorais. Poderá ser visualizada pelos alunos quantas vezes forem necessárias para que os conhecimentos sejam compreendidos. Essa atividade deverá ser no formato on-line em momento assíncrono antes da próxima aula presencial. Os alunos devem ser estimulados a desenvolverem autonomia de estudos, tornando-os responsáveis pela construção de seu próprio conhecimento.

4.2 RODA DE CONVERSA/GRUPO DE ESTUDO

No formato de aula presencial, realize uma roda de conversa/grupo de estudo com os alunos, após terem visualizado e estudado os conteúdos da videoaula disponibilizada, conforme descrito no item 4.1, deste tópico. Nessa atividade, sugerimos que o professor aborde as dúvidas trazidas pelos alunos em sala de aula, retomando os conteúdos sobre isomeria óptica quando necessário.

4.3 ISOMERIA ÓPTICA - ROTAÇÕES POR ESTAÇÃO

Nesta atividade, o professor deverá organizar a sala de aula para a aplicação das atividades no submodelo de rotação por estações. Como estações de estudos e aprendizagem, foram desenvolvidas algumas atividades, conforme descritas a seguir:

4.3.1 ESTAÇÃO 1 - A QUIRALIDADE PRESENTE NO COTIDIANO E NOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

Tempo estimado: 15 minutos.

Para que os alunos percebam a quiralidade, é importante que sejam apresentados objetos concretos, como um par de sapatos, luvas, esboços da mão direita e esquerda, entre outros. Nesta atividade, a cada um dos objetos, será solicitado que os alunos observem a relação da especularidade e a não sobreposição desses objetos, compreendendo como os pares não se encaixam perfeitamente. Nesta estação, um representante do grupo de alunos deverá posicionar-se diante de um espelho plano e contornar sua imagem com um pincel atômico. Em seguida, desenhar os olhos e a boca, certificando-se de que o lado direito e esquerdo sejam bem identificados na imagem esboçada. Em seguida, será trabalhada a tentativa do aluno se sobrepor à sua imagem projetada no espelho. O professor deverá abordar o que foi observado nas atividades, relacionando-o com o que acontece também nas estruturas moleculares de compostos orgânicos.

Para isso, recomendamos que se utilize de modelos para facilitar a explicação. Dessa forma, será possível visualizar de maneira mais clara a conexão entre o que foi observado durante as atividades e os compostos orgânicos.

4.3.2 ESTAÇÃO 2 - QUEBRA-CABEÇA VIRTUAL - APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA MOLECULAR DA TALIDOMIDA

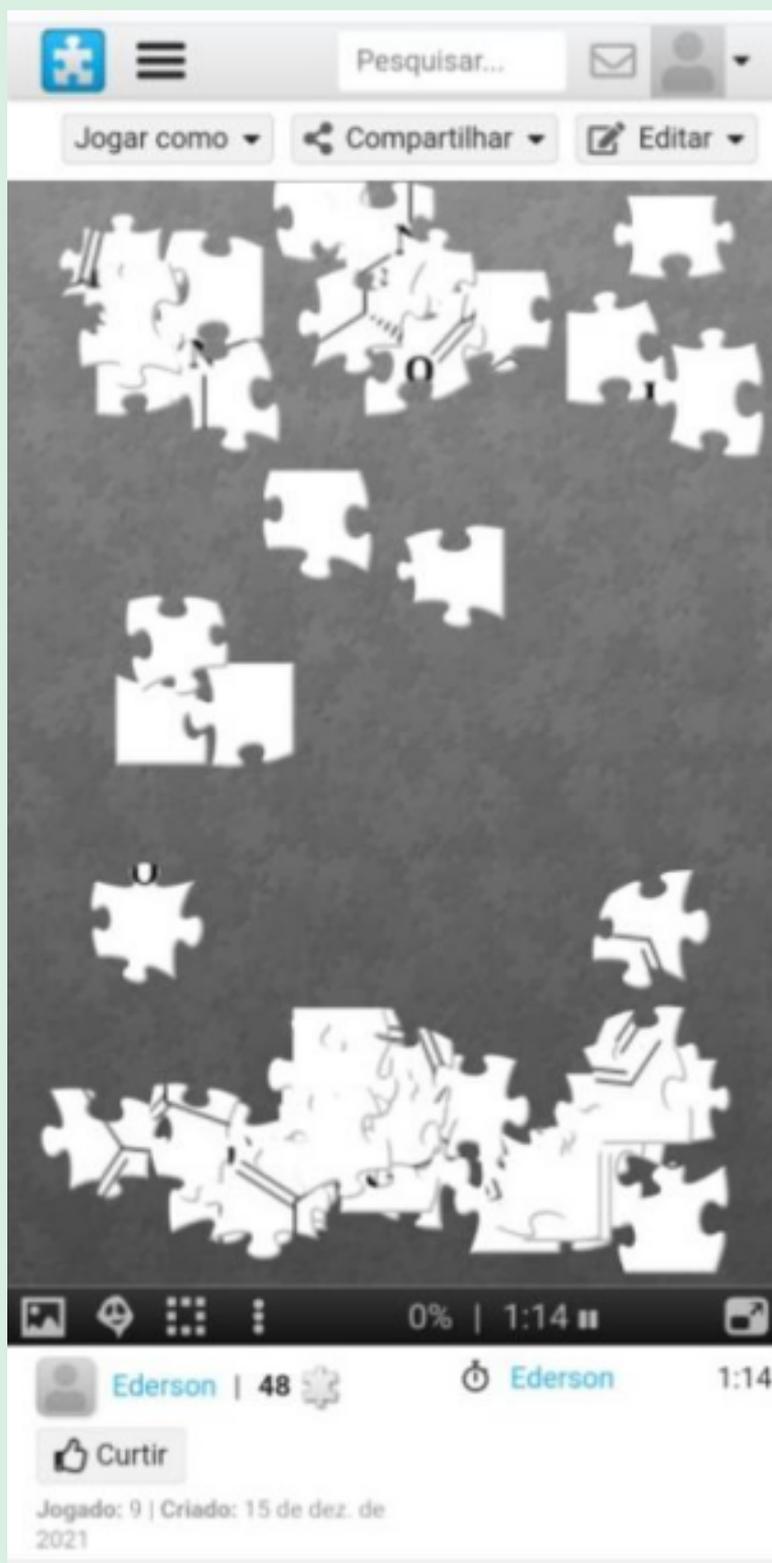
Tempo estimado: 20 minutos.

Com o objetivo de melhorar o ensino de isomeria óptica, sugerimos a utilização da plataforma digital "*JigSaw Planet*", aplicando-se um jogo de quebra-cabeça no submodelo de rotação por estações. Esta plataforma oferece a possibilidade de transformar qualquer imagem em um quebra-cabeça, permitindo que o professor escolha entre as imagens disponíveis na plataforma ou as imagens de seus próprios arquivos. Além disso, a referida traz como alternativa, personalizar o grau de dificuldade do jogo, tornando-o mais adequado para o nível de ensino desejado. Ainda, é possível que o professor determine a quantidade de peças e o formato de encaixe, oferecendo assim vários níveis de dificuldade. Para uma melhor compreensão, convidamos o professor a clicar no *link*: <https://www.jigsawplanet.com/?rc=play&pid=1108be69f44c>, que o direcionará para a plataforma "*JigSaw Planet*", onde poderá resolver um quebra-cabeça como, por exemplo, envolvendo a estrutura molecular da Talidomida. Assim, o professor terá a oportunidade de experimentar e compreender como funciona a dinâmica da plataforma e da atividade.

Sugerimos que o professor utilize, se possível, o laboratório de informática para realizar a atividade e divida a sala em grupos de acordo com o que julgar necessário.

Caso não seja possível o uso do laboratório, a atividade poderá ser executada em dispositivos móveis com acesso à internet. A Figura 8 ilustra a interface da plataforma "JigSaw Planet".

Figura 8 - Interface da plataforma “JigSaw Planet”.

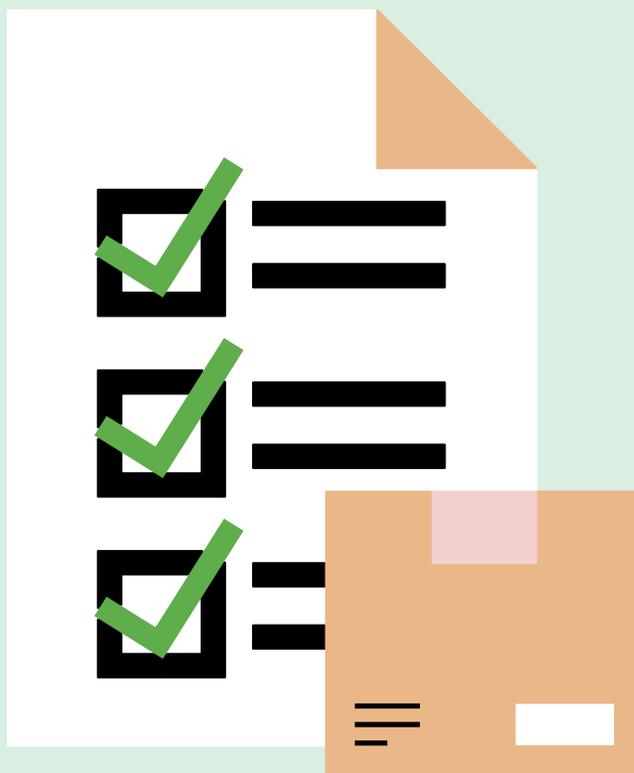


Fonte: Dos autores, 2023.

4.3.3 ESTAÇÃO 3 - AVALIAÇÃO DO ENSINO

Tempo estimado: 25 minutos.

Esta atividade pode ser realizada de forma *on-line* e presencial, aplicando-se o Questionário D previamente elaborado no *Google Forms*, no intuito de avaliar o ensino do conteúdo envolvendo sobre isomeria óptica. As questões aplicadas foram selecionadas e obtidas de exames vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio/ENEM. Posteriormente, o professor precisará fazer uma análise quantitativa das respostas e os resultados devem ser compartilhados com os alunos. O *link* de acesso ao Questionário D deve ser disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma de alunos, após a conclusão das atividades da Estação 01. O Questionário D aqui descrito como proposta pode ser observado no Apêndice 4.



REFERÊNCIAS

ATIKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química, Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**, 7ª ed, Porto Alegre: Bookman, 2018, 1094 p.

BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. M. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015, 270 p.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: reach every student in every class every day**. Washington, DC: International Society for Technology in Education, p. 120-190, 2012. Disponível em: <http://ilib.imu.edu.my/NewPortal/images/NewPortal/CompE-Books/Flip-Your>.

BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, Secretaria de Vigilância em Saúde | Ministério da Saúde, v. 52, n. 14, 2021. Disponível em: file:///C:/Users/user/Downloads/Boletim_epidemiologico._SVS_14_atualizado.pdf. Acesso em 23 fev. 2023.

BORGES, P. B. P.; GOI, M. E. J.; VARGAS, J. P. Isomeria: uma descoberta de Jacob Berzelius sob o olhar de Larry Laudan. **Research Society and Development**, v. 10, n.13, e518101321535, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21535>.

BRUNI, A.T.; NERY, A. L. P.; BIANCO, A. A. G.; NETO, E. T.; RODRIGUES, H.; SANTINA, K.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. **Ser protagonista: química, 3º Ano – Ensino médio**. São Paulo: Edições SM, 2016.

CAREY, F. A. **Química Orgânica**, 7. ed., Porto Alegre: AMGH, v. 1, 2011, 764 p.

CHAN, A. S. C. A new route to important chiral drugs. **Chemtech**, v. 23, p. 46-51, 1993.

CHHABRA, N.; ASERI, M. L. A.; PADMANABHAN, D. A review of drug isomerism and its significance. **International Journal of Applied Basic Medical Research**, v. 3, n. 1, p. 16-18, 2013.

CHRISTENSEN, C.M.; HORN, M.B; STAKER, H. **Ensino Híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos**. 2013. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/porvir/wp-content/uploads/2014/08/PT_Is-K-12-blended-learning-disruptive-Final.pdf/. Acesso em: 24 fev. 2023.

ENFIELD, J. Looking at the Impact of the Flipped Classroom Model of Instruction on Undergraduate Multimedia Students at CSUN. **Techtrends**, v. 57, n. 06, p. 14-27, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11528-013-0698-1>.

FEDERSEL, H. J. Drug chirality - scale-up, manufacturing, and control. **Chemtec**, v. 23, p.24-33, 1993.

GELLAD, W. F.; CHOI, P.; MIZAH, M.; GOOD, C. B.; KESSELHEIN, A. S. Assessing the Chiral Switch: Approval and Use of Single-Enantiomer Drugs, 2001 to 2011. **American Journal of Managed Care**, v. 20, n. 3, p. e-90-e97, 2014.

GHOSH, N.; VITKIN, I.A. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications and outlook. **Journal of Biomedical Optics**, v. 16, n. 11, p. 1-25, 2011.

HAMDAN, N.; MCKNIGHT, P.; MCKNIGHT, K.; ARFSTROM, K. M. **A review of flipped learning**, 2013. Disponível em: https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/LitReview_FlippedLearning.pdf. Acesso em 19 mar. 2020.

HERREID, C. F.; SCHILLER, N. A. Case studies and the flipped classroom. **Journal of College Science Teaching**, v. 42, n. 05, p. 62-66, 2013.

JESUS, S.M; SANTANA, R.S.; LEITE, S.N. The organization, weaknesses, and challenges of the control of thalidomide in Brazil: A review. **PloS Neglected Tropical Diseases**, 14(8):e0008329, 2020. doi: 10.1371/journal.pntd.0008329. PMID: 32760161; PMCID: PMC7410199.

KLEIN, D. **Química Orgânica**, 2^a ed., Rio de Janeiro: LTC, v.1, 2016, 704 p.

LIMA-JÚNIOR, C. G. et al. A Sala de Aula Invertida no Ensino de Química: planejamento, aplicação e avaliação no ensino médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 3, n. 2, p. 119-145, 2017.

MARTINS, E. R.; GOUVEIA, L. M. B.; AFONSECA, U. R. Comparação entre o modelo da sala de aula invertida e o modelo tradicional no ensino de matemática na perspectiva dos aprendizes. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.14, n.1, p. 522-530, 2019.

MASON, G.S.; SHUMAN, T.R.; COOK, K.E. Comparing the Effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course. **IEEE Transactions on Education**, v. 56, n. 4, p. 430-435, 2013.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**. Tradução da 7^a. ed., São Paulo: Cengage Learning, combo, 2011, p. 1280 p.

MORAN, K.; MILSOM, A. The flipped classroom in counselor. **Education Counselor Education & Supervision**, n. 01, v. 54, p. 32-43, 2015.

ORLANDO, R.M. Importância farmacêutica de fármacos quirais. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 1, p. 08-14, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/REF/article/view/2115/2061>. Acesso em: 24 fev. 2023.

RODRÍGUEZ, M. A. Médica que salvou uma geração de bebês da tragédia da talidomida nos EUA. **BBC News Mundo**, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://bbc.com/portuguese/geral-53402957>. Acesso em: 23 fev. 2023.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**, 10 ed., Rio de Janeiro: LTC, v. 01, 2012, 644 p.

TOKUMISTU,S.; HASEGAWA, M. Theoretical predictions of the changes in the irradiance and color of light beams traveling in sugared water caused by optical rotation phenomena, and their possible applications for educational purposes. **European Journal of Physics**, n.39, p. 1-16, 2018.

VALENTE, J.A. Comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de Informação e comunicação. **Revista UNIFESO – Humanas e Sociais**, v. 01, n. 01, p. 141-166, 2014.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998, 224 p.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Questionário A - Perfil dos Alunos

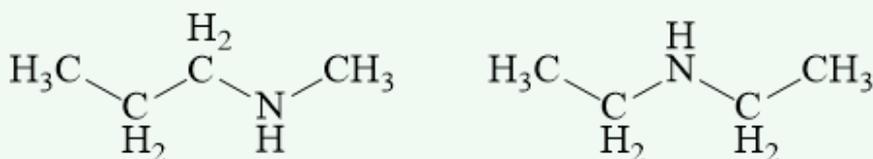
Idade:
Gênero:
1. Tem acesso à <i>internet</i> em sua residência e há quanto tempo?
2. Para acessar a <i>internet</i> , quais dispositivos eletrônicos (celular, <i>tablet</i> , computador) você utiliza com mais frequência? Qual deles você prefere?
3. Acessa conteúdos escolares pela <i>internet</i> ? Há algum site de preferência?
4. Iria à escola em outro período (contraturno) com o objetivo de realizar trabalhos/atividades escolares <i>on-line</i> ? Justifique sua resposta.
5. Acha interessante complementar conteúdos de Química por meio de atividades extraclasse (fora da sala de aula)? Justifique sua resposta.
6. Gostaria de utilizar celular ou computador para realizar tarefas de Química e de forma extraclasse (fora da sala de aula)? Quais os aspectos positivos e negativos dessa prática?

Fonte: Dos autores, 2023.

APÊNDICE 2 - Questionário B - Isomeria Constitucional

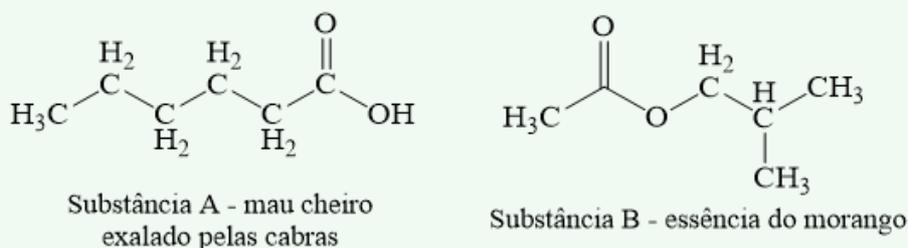
QUESTÕES:

Questão 1. (Mackenzie-SP-modificada). Assinale a alternativa que representa o tipo de isomeria existente entre as estruturas moleculares mostradas a seguir:



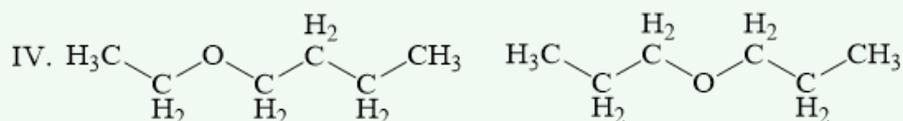
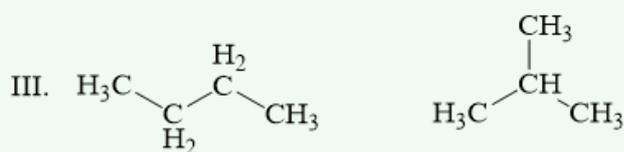
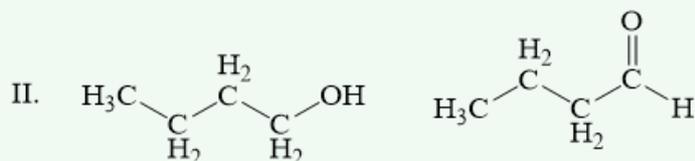
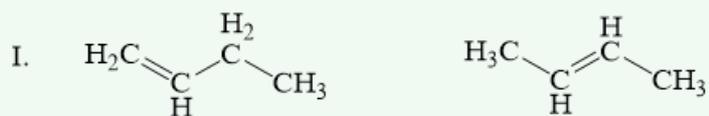
- () Metameria.
- () Função.
- () Posição.
- () Cadeia.
- () Tautomeria.

Questão 2. (Cesgranrio-RJ-modificada). As estruturas das substâncias A e B representadas a seguir, têm odores bem distintos e fórmulas moleculares idênticas, portanto, são isômeros. A substância A é responsável pelo mau-cheiro exalado pelas cabras e a B, pela essência do morango. O tipo de isomeria que se verifica entre as substâncias A e B é:



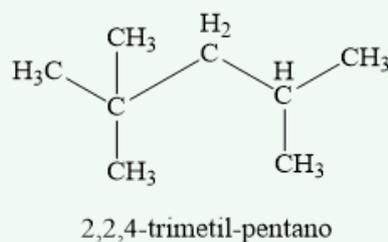
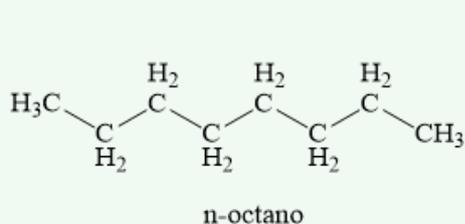
- () Tautomeria.
- () Metameria.
- () Posição.
- () Função.
- () Nenhuma das alternativas.

Questão 3. (Mackenzie-SP-modificada). Dentre os pares de compostos isoméricos indicados por I, II, III e IV, assinale a alternativa que indica a isomeria de função.



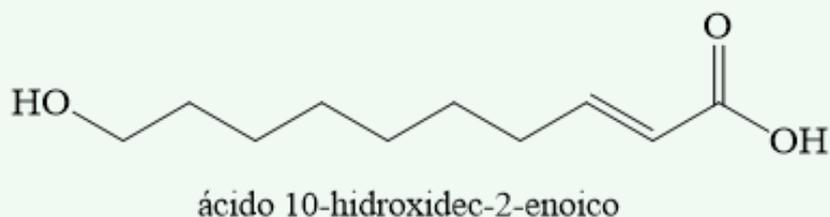
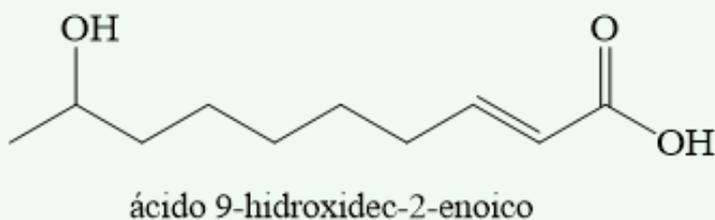
- I.
 II.
 III.
 IV.
 Nenhuma das alternativas.

Questão 4. (Do autor-2021). Combustíveis de motores à combustão apresentam maior rendimento quanto maior forem os índices de resistência à compressão e ignição. Essa propriedade está associada à octanagem, isto é, quando o combustível é constituído de hidrocarbonetos contendo 8 átomos de carbono com cadeias carbônicas menores e mais ramificadas como, por exemplo, o 2,2,4-trimetilpentano. Os isômeros n-octano e 2,2,4-trimetil-pentano estão representados abaixo. Assinale a alternativa correta que representa o tipo de isomeria existente entre esses compostos.



- () Posição.
- () Metameria.
- () Cadeia.
- () Tautomeria.
- () Função.

Questão 5. (ENEM-2018-modificada). As funções das abelhas em uma colmeia são distinguidas por meio de sinalização química. As abelhas rainhas produzem o sinalizador químico ácido 9-hidroxi-dec-2-enoico, enquanto as operárias, o ácido 10-hidroxi-dec-2-enoico, cujas estruturas moleculares são mostradas a seguir. Assinale a alternativa que indica a diferença entre as moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária.



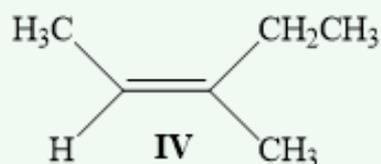
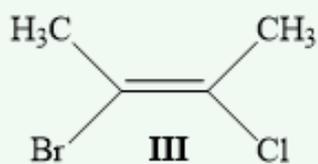
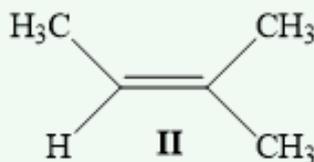
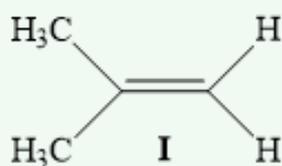
- () Contagem do número de carbonos.
- () Fórmula estrutural.
- () Identificação dos grupos funcionais.
- () Fórmula molecular.
- () Nenhuma das alternativas.

Fonte: Dos autores, 2023.

APÊNDICE 3 - Questionário C - Isomeria Geométrica

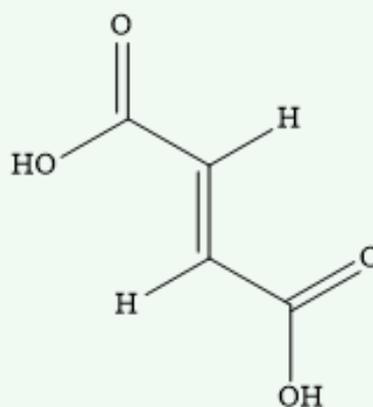
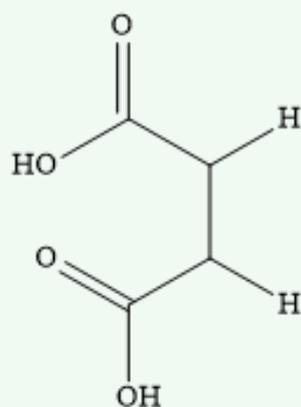
QUESTÕES:

Questão 1. (UCDB-MS-modificada) Qual das seguintes substâncias apresenta isomeria geométrica?



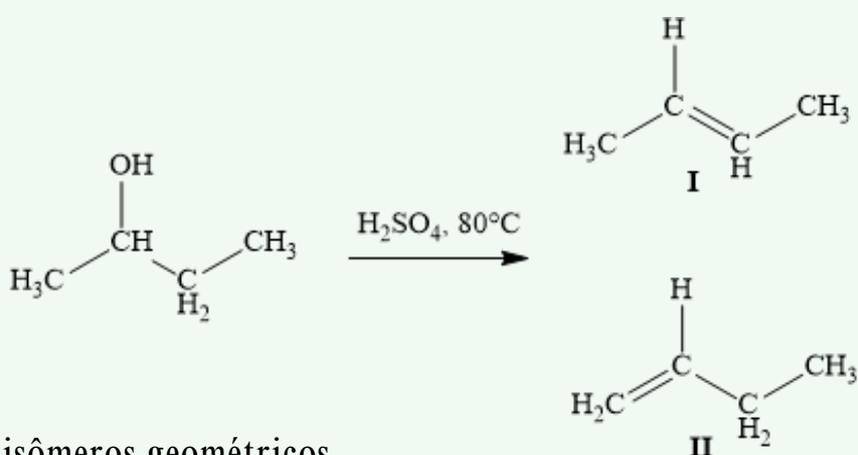
- Somente I.
- Somente III.
- Somente I e II.
- Somente I e III.
- Somente III e IV.

Questão 2. (FESP) Considerando-se os ácidos maleico e fumárico, cujas estruturas moleculares estão representadas abaixo, assinale a alternativa correta.



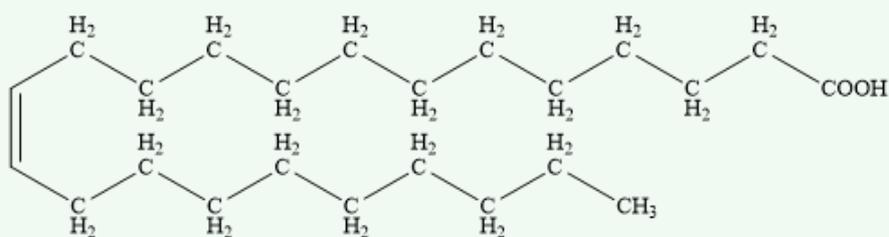
- () A formação de ligação de hidrogênio intramolecular (dentro da mesma molécula) é favorecida para o ácido fumárico.
- () O ácido fumárico corresponde ao isômero trans.
- () O ácido maleico corresponde ao isômero trans.
- () Nenhuma das alternativas.

Questão 3. (UFES). A equação a seguir mostra os produtos obtidos na desidratação do 2- metil-butan-2-ol. Pode-se afirmar que:



- () II admite isômeros geométricos.
- () I admite isômeros geométricos.
- () I e II são isômeros geométricos entre si.
- () Nenhuma das alternativas.

Questão 4. (UNIFOR-CE- modificada). O composto representado pela estrutura molecular: I. Apresenta isomeria geométrica (cis-trans); II. Admite o isômero geométrico trans; III. Trata-se de um composto insaturado. As afirmações corretas são:



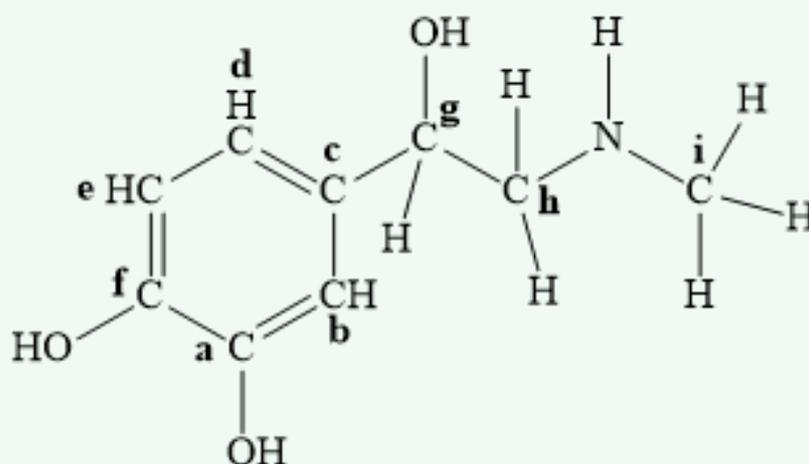
- () I somente.
- () II somente.
- () III somente.
- () II e III somente.
- () I, II e III.

Fonte: Dos autores, 2023.

APÊNDICE 4 - Questionário D - Isomeria Óptica

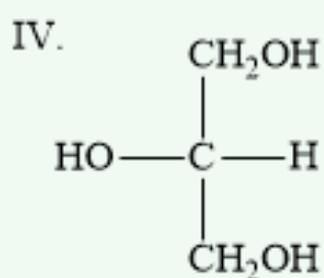
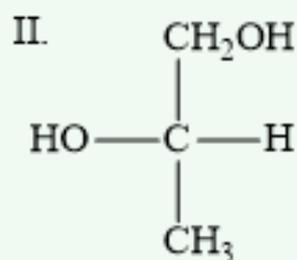
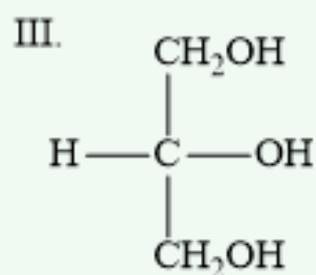
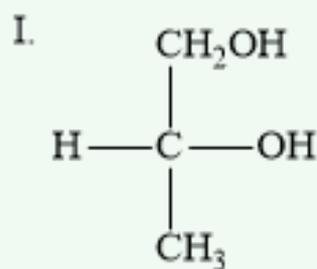
QUESTÕES:

Questão 1. (UFPI). A sensação de “suor frio”, sentida pelas pessoas que praticam certas atividades (alpinismo, paraquedismo etc) ou frequentam parques de diversões, surge devido à liberação do hormônio adrenalina das glândulas suprarrenais para o sangue. Considere a molécula da adrenalina representada abaixo. De acordo com a estrutura molecular é correto afirmar que:



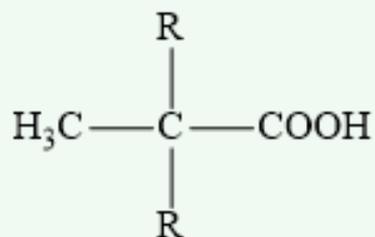
- Os carbonos “d” e “g” são assimétricos.
- Os carbonos “g” e “h” são assimétricos.
- O carbono “g” é assimétrico.
- Os carbonos “a” , “b” e “d” são assimétricos
- Não existem carbonos assimétricos.

Questão 2. (UFRJ-RJ-modificada). Algumas substâncias possuem a capacidade de desviar o plano de vibração da luz polarizada, sendo conhecidas como opticamente ativas. Esta propriedade é característica dos compostos que apresentam isomeria óptica, e para que isso ocorra é necessário que haja assimetria na molécula. Em relação às estruturas I, II, III e IV, afirma-se que apresenta atividade óptica:



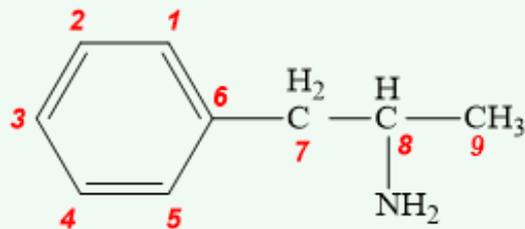
- () Todas as estruturas moleculares.
 () Somente I e II.
 () Somente I e III.
 () Somente III e IV.
 () Somente II e IV.

Questão 3. (USC-RS-modificada). Um composto orgânico é representado pela estrutura abaixo. Para que este composto adquira assimetria molecular, os dois grupos químicos representados por R podem ser substituídos por:



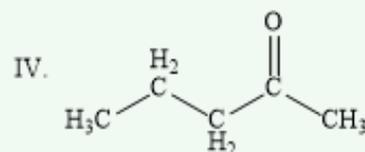
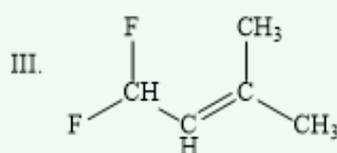
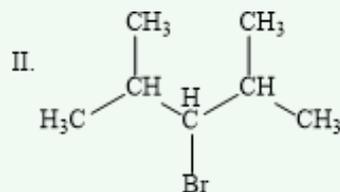
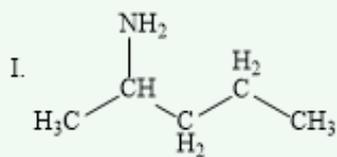
- () Dois radicais metil.
 () Dois radicais etil.
 () Um radical metil e outro etil.
 () Um radical metil e outro n-propil.
 () Um radical etil e outro n-propil.

Questão 4. (Unifor-CE-modificada). A molécula de anfetamina, representada na figura abaixo, apresenta isomeria óptica por conter átomo de carbono com quatro substituintes diferentes (carbono quiral). Assinale a alternativa correta que indica átomo de carbono que apresenta a propriedade da quiralidade.



- () C1.
 () C6.
 () C7.
 () C8.
 () C9.

Questão 5. (UERJ-modificada). Um composto orgânico contendo átomo de carbono assimétrico, apresenta a propriedade da isomeria óptica. Considere as estruturais moleculares de quatro compostos orgânicos indicados abaixo. O composto que apresenta carbono assimétrico é:



- () I.
 () II.
 () III.
 () IV.
 () Todos apresentam carbono assimétrico.

Fonte: Dos autores, 2023.

