

Mapa Conceitual digital aliado à Realidade Aumentada como recurso didático sobre estereoisomeria: um estudo no ensino superior

Digital Concept Map combined with Augmented Reality as a didactic resource of stereoisomerism: a study in higher education

Genilson Pinheiro de Azevedo

Universidade Federal Fluminense
genilson_azevedo@id.uff.br

Andrews Yuri Tambero Nunes Neto

Universidade Federal Fluminense
andrewsyuri@id.uff.br

Joana Guilaes de Aguiar

Universidade Federal Fluminense
joana_aguiar@id.uff.br

Resumo

A compreensão de fenômenos macroscópicos na Química requer a visualização mental de modelos em nível molecular. Especificamente na Orgânica, a falta de habilidades visuoespaciais pode comprometer a aquisição de conhecimento conceitual científico. Este estudo teve como objetivo avaliar o ganho de conhecimento e a percepção de alunos universitários ($n = 13$) de um material didático autoral: um Mapa Conceitual digital aliado à Realidade Aumentada no ensino de Isomeria Espacial (estereoisomeria). Em pesquisa mista do tipo pré-pós-teste, foi possível evidenciar uma melhora no desempenho dos participantes após o estudo do material, os quais reportam uma percepção positiva sendo o material interessante, inovador e útil, pouco complexo, cansativo ou desafiador.

Palavras chave: mapa conceitual, realidade aumentada, química orgânica, estereoisomeria, ensino superior

Abstract

Understanding macroscopic phenomena in chemistry requires mental visualization of models at the molecular level. Specifically in Organic, the lack of visuospatial skills can compromise the acquisition of scientific conceptual knowledge. This study aimed to evaluate the knowledge gain and perception of university students ($n = 13$) of an authorial teaching material: a digital

Concept Map combined with Augmented Reality in the teaching of Spatial Isomerism (stereoisomerism). In a mixed pre-post-test research design, it was possible to evidence an improvement in the performance of the participants after studying the material, who report a positive perception declaring the material as interesting, innovative and useful, not too complex, tiring or challenging.

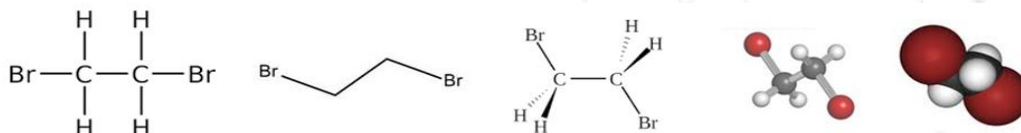
Key words: concept maps, augmented reality, organic chemistry, stereochemistry, higher education

Introdução

Segundo Jonhstone (1982), a compreensão conceitual em Química está relacionada à habilidade de explicar um fenômeno em nível macroscópico, com recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações físicas ou químicas em um nível de maior abstração (nível submicroscópico). Isto é, durante a manipulação mental do conhecimento científico, os alunos devem ser capazes de articular os três níveis conceituais, macroscópico, submicroscópico e simbólico (TALANQUER, 2011).

Na Química Orgânica, uma das principais dificuldades enfrentadas pelos alunos é a manipulação de modelos moleculares que requerem habilidade de percepção visuoespacial, ou seja, identificar a posição de um objeto, realizar movimentos de rotação e mudança de perspectiva. Seja no quadro de giz, caderno, livros didáticos ou mesmo na *web*, os modelos moleculares são representados de modo planar ou em 2 dimensões, 2D. Ainda que alguns modelos utilizem representações espaciais ou em 3 dimensões, 3D, em cunha e traço, varetas e bolas ou preenchimento espacial (Figura 1), só é possível manipulá-los no plano mental.

Figura 1: Diferentes representações do modelo molecular do 1,2-dibromoetano ($C_2H_4Br_2$).



Fonte: os autores

Essa estrutura multirrepresentacional, necessária para compreender o abstrato e o não observável mundo particulado da Química Orgânica, pode levar os alunos a uma alta demanda cognitiva (AINSWORTH, 2006). A sobrecarga cognitiva reduz os recursos cognitivos disponíveis da memória de curto prazo necessários para lidar com o processo de aquisição de conhecimento (JOHNSTONE, 2000) prevalecendo a aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 2000). Com o auxílio da tecnologia é possível combinar o conhecimento científico conceitual e o representacional por meio da adoção de novas metodologias e estratégias de ensino, mais atrativas tanto aos professores como aos alunos. Neste estudo, é proposto o uso combinado de Mapas Conceituais e representações moleculares em Realidade Aumentada.

Mapas Conceituais (MCs) são organizadores gráficos úteis para tornar explícita a relação entre conceitos por meio de proposições. Os conceitos são imersos em uma rede proposicional que permite processar informações usando texto (conteúdo semântico), em uma organização espacial (NOVAK, 2010). Os conceitos são hierarquicamente organizados e a rede de

proposições responde a uma pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013). É possível ainda adicionar recursos visuoespaciais a este MC como cores para agrupar conceitos de mesmo tema ou ainda recursos digitais (vídeos, links, imagens), transformando-o em um hipertexto, hiperímídia ou modelo de conhecimento. Usualmente, o uso dos MCs como ferramenta de ensino ocorre por meio de atividades em que os alunos os elaboram, sendo a maioria destes voltados ao ensino de Biologia. Pouca atenção vem sendo despendida para compreender a utilidade dos MCs elaborados pelo professor como material didático.

A **Realidade Aumentada (RA)** diz respeito à inserção de objetos virtuais 3D no ambiente real, favorecendo ao usuário a visualização simultânea através de um dispositivo tecnológico (ex. *smartphone*, *tablet* ou computador) utilizando interface para o sujeito interagir com o mundo virtual (KIRNER; KIRNER, 2008). A vantagem da RA para o sistema educacional é que a mesma não fornece apenas a ilusão de objetos 3D, mas sim uma envoltura sensorial psicológica, onde a experiência se torna de fato real (CAHTAREVIC, 2008). No ensino de Química a RA vem sendo adotada para observar a distribuição eletrônica dos elementos químicos (QUEIROZ; OLIVEIRA; REZENDE, 2015), simular ligações covalentes, interações intermoleculares e reações químicas (MAIER; KLINKER, 2013), realizar experimentos virtuais, como medições de pH (SANTOS, 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o ganho de conhecimento e a percepção dos alunos acerca de um MC Digital aliado à RA no ensino de Isomeria Espacial.

Fundamentação Teórica

A Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011) considera uma arquitetura cognitiva humana formada por três sistemas de memória que atuam em conjunto durante o processamento, aquisição e recuperação de informação. A Memória Sensorial (MS) que processa os principais estímulos provenientes do ambiente, capturados pelos órgãos do sentido. A Memória de Trabalho (MT), como o local onde ocorre o processo cognitivo consciente, sendo limitada e responsável pelo processamento de informações mais importantes na aprendizagem. A Memória de Longo Prazo (MLP), como o local que armazena incontáveis esquemas, a qual é ilimitada em tamanho, espaço e tempo. A rede que interconecta de modo organizado e hierárquico esses esquemas é conhecido como conhecimento prévio.

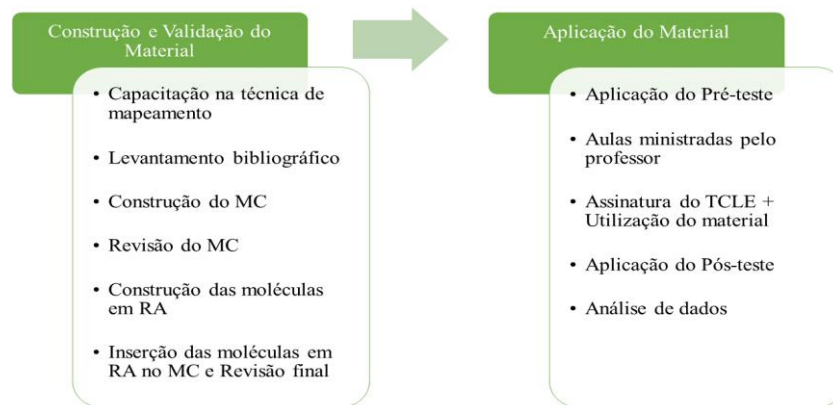
Múltiplos elementos de informação se combinam formando um único elemento cognitivo: o esquema, o qual é transferido à MLP. Diante de uma nova tarefa, o sujeito recupera da MLP para a MT os esquemas necessários para solucionar o problema. Inicialmente, há um custo cognitivo tanto para a recuperação dos esquemas como para a interação e integração do conhecimento prévio à nova informação na MT. Após múltiplas interações, a automação dos esquemas não gera mais custos cognitivos à MT, implicando em maiores chances de aprendizagem significativa, pois há mais recursos disponíveis para aprender.

Essa teoria distingue dois tipos de cargas cognitivas que interferem no processamento de informações pela MT durante a aprendizagem: a intrínseca, que se refere à natureza, complexidade e dificuldade do conteúdo ao qual o aluno precisa lidar durante a tarefa de aprendizagem e, a extrínseca, que se refere ao formato da instrução, a qual deve ser a mais baixa possível uma vez que é prejudicial quando má elaborada. Ambas as CGs são aditivas e, ao se somarem, não podem ultrapassar a capacidade limitada da MT, caso contrário ocorre a sobrecarga cognitiva quando não sobram recursos cognitivos disponíveis na MT para ocorrência dos processamentos generativos (isto é, construir esquemas ou aprender).

Metodologia

A metodologia de pesquisa é de caráter misto, uma vez que a pesquisa faz uso de valores percentuais e de processos estatísticos e a coleta de dados se deu pelo uso de formulários pré-teste e pós-teste que foram interpretados pelos pesquisadores (CRESWELL, 2007). O desenvolvimento do trabalho ocorreu em duas etapas (Figura 2) de construção e validação do material didático e aplicação em sala de aula real (coleta de dados).

Figura 2: Etapas de construção, validação e aplicação do material e suas subetapas.



Fonte: os autores

Construção e Validação do Material

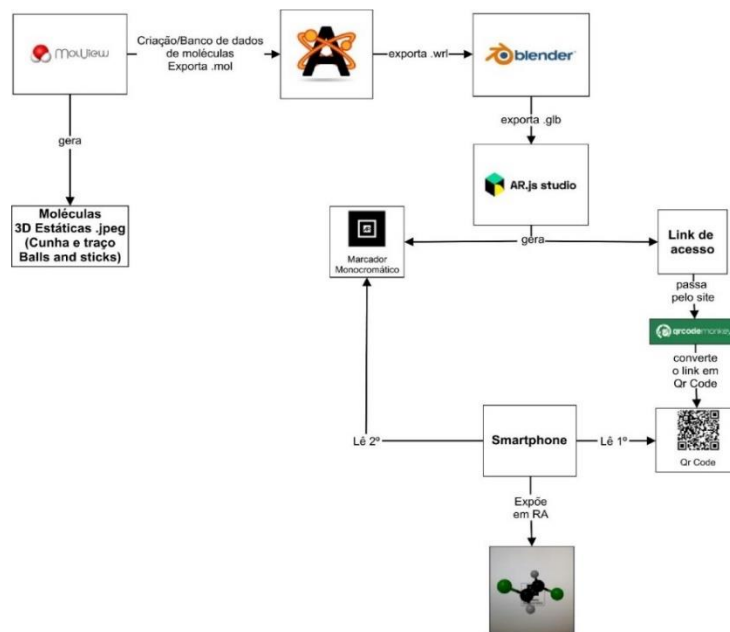
A construção e a validação do material ocorreram em seis subetapas. A primeira foi a capacitação em MCs por meio de um curso online de cinco semanas através da plataforma Coursera em conjunto com a USP (www.mapasconceituais.com.br/coursera). Em seguida, o tema estereoisomeria (isomeria espacial) foi escolhido a partir de um levantamento bibliográfico sobre assuntos problemáticos e difíceis para o ensino-aprendizagem universitário.

A construção do MC (subetapa 3) se deu através do programa CmapTools® (IHMC, EUA) seguindo as recomendações para elaboração de bons MCs (AGUIAR; CORREIA, 2013): definição de uma pergunta focal; estabelecimento de uma hierarquia conceitual sobre isomeria geométrica e isomeria óptica; criação de proposições claras e com alto nível explicativo e revisão recursiva até chegarmos ao MC na versão final. Em seguida foi feita a revisão (subetapa 4) com professores especialistas no tema e em livros universitários de Orgânica, seguida de melhorias no conteúdo e na parte estética.

A 5ª subetapa foi a criação das moléculas em RA. Primeiramente, foram selecionadas as moléculas-alvo, em um total de oito: quatro para isomeria óptica – R/S Alanina e D/L Ácido Aspártico e quatro para isomeria geométrica – E/Z dicloroeteno e a Cis-Trans dimetilmorfolina. O desenvolvimento em RA usou ferramentas e programas de modelagem molecular e 3D, renderização e um repositório de dados online, conforme Figura 3. O site MolView® permitiu criar as moléculas em 3D que foram exportadas para o software Avogadro® com intuito de converter os arquivos em um formato aceito pelo Blender®, responsável por colorir e renderizar as moléculas. Em seguida, as moléculas foram importadas para a plataforma AR.js Studio® que reproduziu as moléculas 3D em RA e gerou os marcadores monocromáticos. Por fim, cada arquivo com a molécula em RA foi adicionado ao repositório online GitHub® que gerou um *link* posteriormente convertido em um *QRCode* através do site *QRCode Monkey*®. A última

subetapa foi a inclusão das moléculas em RA ao MC, gerando a versão final do material didático (Figura 4). Os QR Codes foram adicionados ao MC, que redirecionavam os usuários para as moléculas no repositório online e, em seguida, com a leitura do marcador monocromático, pela câmera do *smartphone*, permitia a experiência de visualização em RA.

Figura 3: Processo de criação das Moléculas em Realidade Aumentada



Fonte: os autores

Procedimento de coleta e análise dos dados

A aplicação do material didático ocorreu durante a disciplina de Química Orgânica com duas turmas de graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Farmácia de uma universidade pública do estado do RJ. Os estudantes ($n = 13$) participaram de maneira remota do estudo, via GoogleMeet®, obedecendo as questões éticas de pesquisas com seres humanos.

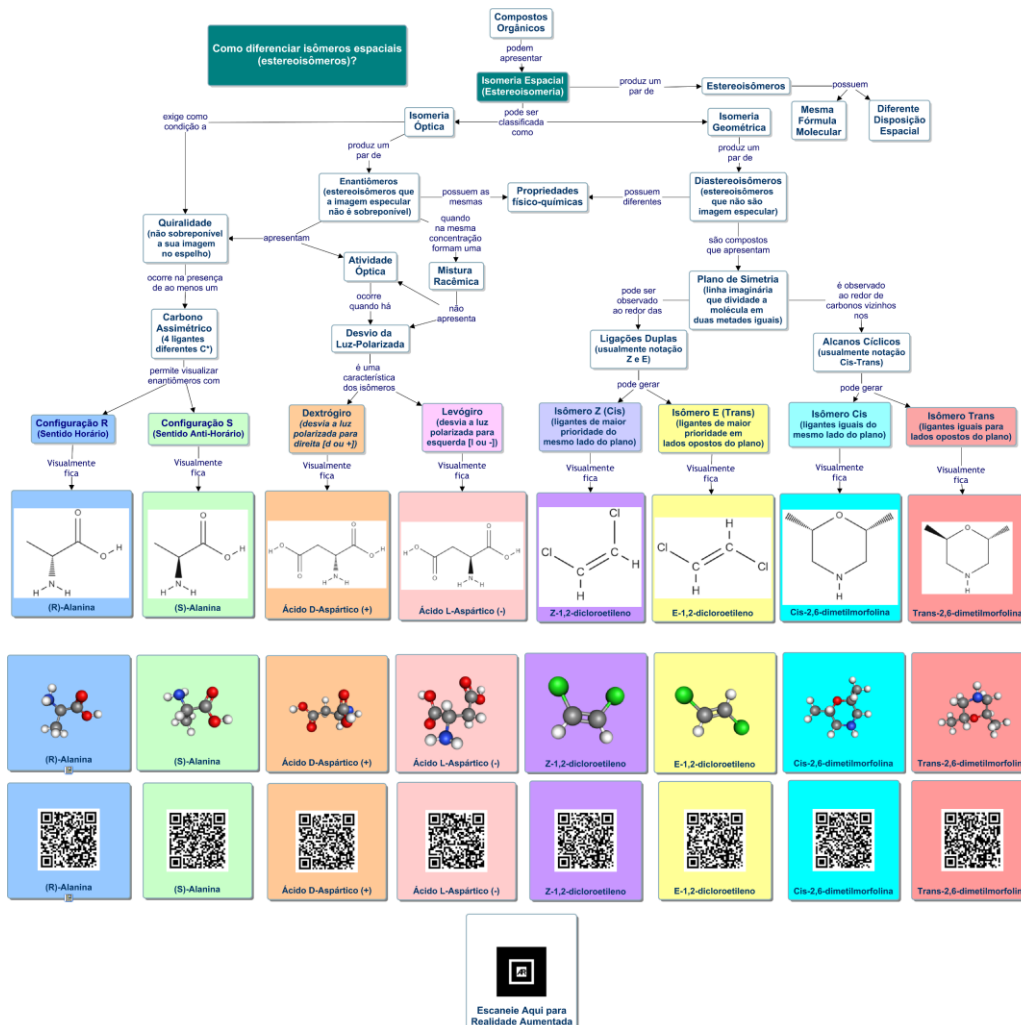
O procedimento de coleta de dados envolveu dois dias de aula não sequenciais (50 min/aula). No dia 1 foi dada uma breve explicação do estudo, apresentação dos pesquisadores e convite à participação pela assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (30 min). Em seguida, aplicou-se o pré-teste com o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema (20 min), formado por 18 afirmativas julgadas em Verdadeiro, Falso ou Não Sei.

Durante duas semanas de aula, o professor ministrou os conteúdos relativos à isomeria plana e espacial geométrica e óptica. No dia 2 de aplicação, foi apresentado os aspectos técnicos das funcionalidades do MC e da RA (10 min), seguido do estudo individual e autônomo pelos alunos (30 min). Em seguida, eles responderam ao pós-teste, formado com 15 afirmações, e o questionário de percepção sobre o material (10 min), com 10 critérios de qualidade.

Cada afirmação julgada corretamente pelo aluno foi pontuada com +1 ponto, já erros e declarações “não sei” não pontuaram. O somatório dos pontos, na escala de 0,0 a 10,0, resultou em duas notas do pré e pós-teste, sendo sua diferença o “ganho de conhecimento”. Realizou-se a comparação de média por teste-t pareado. A análise pormenorizada das afirmações foi feita a partir da frequência, em porcentagem, do índice de acerto no julgamento das afirmações, categorizado em três níveis de dificuldade: fácil (acima de 66%), intermediário (entre 34% e

66%) e difícil (abaixo de 34%). A análise de percepção foi feita pela média ponderada.

Figura 4: Versão final do Mapa Conceitual Digital aliado à Realidade Aumentada.



Fonte: os autores

Resultados e Discussões

Os participantes ($n = 13$) são predominantemente do gênero feminino (77%), com idade média de 23 anos e desvio padrão de 11,6 anos. A média no pré-teste foi 4,02 (desvio padrão 2,81), enquanto no pós-teste foi 7,23 (desvio padrão 1,98). A partir do teste-t pareado foi possível inferir que houve ganho de conhecimento, uma vez que o desempenho dos alunos no pós-teste foi estatisticamente maior do que no pré-teste. É possível afirmar que o material é potencialmente significativo, possui uma baixa carga extrínseca e promove um trabalho em sintonia entre os sistemas de memória, com um volume de informações compatível com a capacidade de compreensão humana (SWELLER, 2003). A Tabela 1 apresenta as afirmações do pré-teste, seus conteúdos, índice de acerto e nível de dificuldade.

De todas as 18 afirmações, apenas uma apresentou nível fácil (acima de 67%). Essa afirmação leva em consideração dois conceitos básicos: isomeria espacial e estereoisômeros. De acordo

com Solomons (2018), a estereoisomeria é um fenômeno onde compostos químicos que apresentam as mesmas fórmulas moleculares e estruturais planas, mas diferenças observáveis apenas na dimensão espacial. Já os estereoisômeros são moléculas que apresentam isomeria espacial e podem ser subdivididos em enantiômeros (isômeros ópticos) e diastereoisômeros (isômeros geométricos). Esses conceitos são gerais na hierarquia do MC e, provavelmente, estavam mais claros na estrutura cognitiva dos alunos antes da intervenção.

Tabela 1: Índice de acerto, nível de dificuldade e conteúdo abordado nas afirmações do pré-teste

Nº	Afirmações	Índice de Acerto	Nível de Dificuldade	Conteúdo
1	Quando um composto orgânico apresentar isomeria espacial ele produzirá estereoisômeros	77%	Fácil	Conceito de estereoisomeria
2	Esteroisômeros são aqueles que possuem mesma fórmula molecular e diferente disposição espacial	62%	Intermediário	Conceito de estereoisomeria
3	Para que moléculas orgânicas apresentem isomeria óptica, é necessário haver quiralidade	62%	Intermediário	Isomeria óptica e Quiralidade
4	O fenômeno da quiralidade ocorre quando há a presença de ao menos 1 carbono assimétrico na molécula	62%	Intermediário	Quiralidade
5	Um carbono é definido como assimétrico quando apresenta 4 ligantes diferentes	62%	Intermediário	Quiralidade
6	Diastereoisômeros são estereoisômeros que não são imagens especulares um do outro	46%	Intermediário	Diastereoisômeros
7	A partir do carbono assimétrico é possível diferenciar os enantiômeros com configuração R e S	46%	Intermediário	Enantiômeros e Quiralidade
8	Diastereoisômeros possuem diferentes propriedades físico-químicas	46%	Intermediário	Diastereoisômeros
9	Quando há presença de uma ligação dupla e plano de simetria, a molécula pode apresentar isômeros geométricos	46%	Intermediário	Plano de simetria e ligação dupla
10	Mistura racêmica apresenta atividade óptica	38%	Intermediário	Mistura racêmica e Atividade óptica
11	O isômero Dextrógiro (D ou +) desvia o plano da luz-polarizada para esquerda	38%	Intermediário	Enantiômeros, Desvio da luz e Atividade óptica
12	Isomeria geométrica produz um par de diastereoisômeros	31%	Difícil	Diastereoisômeros
13	Um isômero espacial tem configuração S quando os grupos prioritários no carbono assimétrico estão no sentido anti-horário	31%	Difícil	Enantiômeros, Quiralidade e Carbono assimétrico
14	Uma mistura racêmica é quando há a mistura de um par de enantiômeros na mesma concentração	23%	Difícil	Mistura racêmica e Enantiômeros
15	Mistura racêmica não apresenta desvio da luz-polarizada	23%	Difícil	Mistura racêmica e Enantiômeros
16	Isômeros E possuem os ligantes de maior prioridade do mesmo lado do plano	15%	Difícil	Diastereoisômeros e Plano de simetria
17	Diastereoisômeros não apresentam plano de simetria	8%	Difícil	Diastereoisômeros e Plano de simetria
18	O isômero Z possui os ligantes de maior prioridade em lados opostos do plano	8%	Difícil	Diastereoisômeros e Plano de simetria

Fonte: os autores

A baixa incidência de afirmações fáceis no pré-teste vai de encontro com Neto e colaboradores (2013) os quais apontam problemas para o ensino de isomeria vindos do Ensino Médio, tais

como: falta de formação do conceito de estereoisomeria ou a associação de isomerismo a algumas classes de isômeros constitucionais. Das 17 afirmações restantes, 10 destas estão em nível intermediário. Para julgar corretamente essas afirmações era necessário saber: os conceitos por trás de cada isômero, manipular mentalmente as moléculas em 3D para que fossem possíveis as comparações, reconhecer um carbono assimétrico, as funções orgânicas e suas prioridades de modo a definir a configuração correta em R ou S. Este estudo mostra como a questão visuoespacial pode ter influenciado no desempenho dos alunos quanto às afirmações neste nível de dificuldade. Para Raupp (2010), a descoberta da isomeria no séc. XIX revelou uma relação entre a estrutura espacial das moléculas com as suas propriedades, resultando na evolução das suas representações que antes eram feitas de maneiras mais simples, em 2D e agora são representadas pelos modelos 3D que requerem maior esforço para construção, manipulação mental e, conseqüentemente, compreensão do conteúdo.

Sete afirmações do pré-teste estão no nível mais alto de dificuldade e requerem conceitos mais aprofundados sobre o tema. As três afirmações com o menor índice de acerto envolvem o conceito de plano de simetria, entendido como “aquele que passa pelo meio de um objeto (ou uma molécula) de forma que a metade do objeto seja a imagem especular da outra” (MCMURRY, 2008, p. 100). Essa definição está ligada tanto ao conceito de quiralidade, na isomeria óptica como na distinção de isômeros cis-trans na isomeria geométrica. Fernandes (2018) e Sousa e colaboradores (2021) em estudos sobre o ensino de matemática no ensino Fundamental II e Médio mostram um entrave dos estudantes na compreensão de visualização espacial e geometria. Ou seja, desde o início da vida escolar até o ingresso à universidade, o aluno não forma uma base sólida que o permita aprender de maneira concreta os conteúdos de Química, já que raciocínio geométrico, identificação de um plano de simetria e a percepção espacial são requisitos necessários para além da Orgânica, para o estudo da geometria molecular, isomeria em compostos inorgânicos, simetria molecular.

Ainda nas afirmações mais difíceis, algumas foram relativas ao conceito de mistura racêmica. Os enantiômeros apresentam atividade óptica onde há desvio da luz polarizada, com exceção dos compostos meso (inativos opticamente por compensação interna) e das misturas racêmicas (em que o enantiômero D cancela a rotação com o L) (SOLOMONS, 2018; MCMURRY, 2008). Para Sulzbach (2017), há uma descredibilização desses conceitos por parte de pesquisadores devido ao alto nível de abstração além de uma possível falta de domínio e desatualização conceitual dos docentes referente a este saber.

A Tabela 2 apresenta as afirmações do pós-teste, seus índices de acerto e conteúdos específicos. Com os resultados do pós-teste, foi possível observar uma melhora substancial no desempenho dos alunos, uma vez que 11 afirmações foram categorizadas como fáceis (índice de acerto acima de 67%). Um dos motivos para essa melhora pode ser pelo uso do MC, uma vez que o conteúdo de estereoisomeria requer uma aprendizagem do mais geral e fácil para o mais específico e complexo. Isso vai de encontro a fundamentação do MC, o qual é construído a partir de conceitos gerais que são progressivamente diferenciados em conceitos mais específicos, por meio de proposições, de maneira sequencial e hierárquica, o que facilita a construção do pensamento (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Outro fator para tal melhoria é o uso da RA através do MC. Silva e Fonseca (2021) afirmam que as habilidades visuoespaciais são responsáveis pela percepção e manipulação mental de objetos em 2D e 3D. E Lima e colaboradores (2017) concluem que o uso de MCs contribui efetivamente no desenvolvimento cognitivo dos alunos e na reflexão por parte do professor. Então, pode-se supor que ao explorar o MC digital aliado à RA, o usuário aprimorou a sua habilidade visuoespacial e conseqüentemente experimentou uma dificuldade menor acerca do conteúdo.

Tabela 2: Índice de acerto, nível de dificuldade e conteúdo abordado nas afirmações do pós-teste.

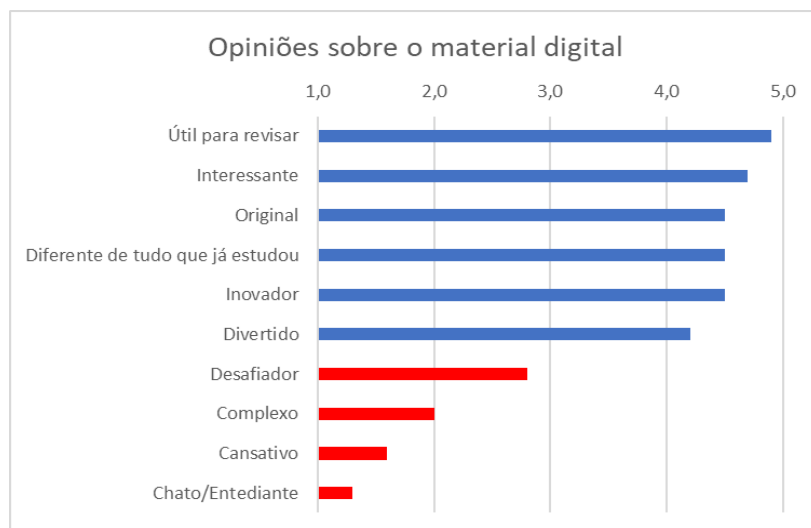
Nº	Afirmações	Índice de Acerto	Nível de Dificuldade	Conteúdo
1	Mistura racêmica não apresenta desvio da luz-polarizada	100%	Fácil	Mistura racêmica e desvio da luz-polarizada
2	Quando um composto orgânico apresentar isomeria espacial ele produzirá estereoisômeros	92%	Fácil	Conceito de estereoisomeria
3	Diastereoisômeros possuem diferentes propriedades físico-químicas	92%	Fácil	Diastereoisômeros
4	Diastereoisômeros não apresentam plano de simetria	85%	Fácil	Diastereoisômeros e Plano de simetria
5	Estereoisômeros possuem mesma disposição espacial e diferente fórmula molecular	85%	Fácil	Conceito de estereoisomeria
6	O isômero do tipo trans possui seus ligantes (iguais) para lados opostos no plano	85%	Fácil	Diastereoisômeros e Plano de simetria
7	A partir do carbono assimétrico é possível diferenciar os enantiômeros R e S	77%	Fácil	Carbono assimétrico e Enantiômeros
8	Fazem parte da Estereoisomeria as isomerias ópticas e geométrica	77%	Fácil	Conceito de estereoisomeria
9	Um isômero espacial tem configuração S quando os grupos prioritários no carbono assimétrico estão no sentido anti-horário	77%	Fácil	Isomeria espacial e configuração R/S
10	O isômero Dextrógiro (D ou +) desvia o plano da luz-polarizada para esquerda	77%	Fácil	Enantiômeros, Desvio da luz e Atividade óptica
11	Isomeria óptica ocorre quando há quiralidade (não sobreposição especular) entre os enantiômeros	69%	Fácil	Conceito de isomeria óptica
12	Misturas racêmicas são obtidas ao misturar dois isômeros, um cis e um trans	54%	Intermediário	Mistura racêmica e Isomeria óptica
13	O isômero Z possui os ligantes de maior prioridade em lados opostos do plano	46%	Intermediário	Plano de simetria
14	O dibromoeteno terá isomeria geométrica	38%	Intermediário	Conceito de isomeria geométrica
15	O butan-2-ol terá isômeros ópticos	31%	Difícil	Isomeria óptica

Fonte: os autores

Três afirmações do pós-teste apresentaram índice de acerto com nível de dificuldade intermediário. Estas afirmações estão relacionadas aos conceitos de isomeria geométrica, plano de simetria e mistura racêmica, que, no pré-teste, foram consideradas difíceis. Isso sugere que houve uma melhora significativa com relação a esses conceitos, mas que mesmo após as aulas ministradas pelo professor e a utilização do MC aliado à RA, os estudantes continuaram tendo certa dificuldade. Por fim, apenas a afirmação 15 teve alta dificuldade, corroborando a eficiência do material como uma ferramenta de aprendizagem e revisão do conteúdo.

Outra análise feita foi sobre a percepção dos alunos frente ao material, inferida com 10 critérios julgados em escala de 1 (pouco) a 5 (muito) de acordo com a escala Likert. As respostas estão dispostas em um gráfico de barras a partir da média ponderada dos escores (Figura 5). Os critérios com caráter positivo, ou seja, vantagens do material estão ilustrados em azul; enquanto os critérios negativos ou que podem representar desvantagens do material estão em vermelho.

Figura 5: Gráfico em barras que mostra as opiniões dos alunos sobre o uso desses materiais no processo de ensino-aprendizagem



Fonte: os autores

Nota-se uma impressão satisfatória do MC com RA apresentado aos alunos, uma vez que eles declaram que o material é útil, interessante, original, diferente de tudo que já estudaram, inovador e divertido, todos com escores acima de 4,0. A categoria “útil para revisar” conseguiu quase a nota máxima, indicando que para revisão o material chega próximo à excelência para os usuários. O MC não é um recurso recente (cinco décadas), porém possui alto potencial criativo quando associado às tecnologias e novas formas de se ensinar Ciências, seja por meio de *links* clicáveis nos conceitos, seja pelo uso da RA, como no caso deste trabalho.

Já para as declarações de aspecto negativo ou possível desvantagem, os estudantes relatam que o material é pouco desafiador, complexo, cansativo e chato/entediante, demonstrando uma abertura e aceitação por parte dos alunos de materiais inovadores para o Ensino de Química. A baixa indicação de “cansaço” no material pode ser explicada pela baixa extensão do MC, aliado a uma presença de ilustração dos conceitos, seja pelo *design* do organizador gráfico, como também nas moléculas expostas em RA. Hamdan e colaboradores (2017) apontam que a inclusão de imagens, tabelas, vídeos e hiperlinks em um modelo de conhecimento ajuda a diminuir as dificuldades relacionadas com o estudo de um hipertexto extenso. Entre as declarações negativas, a que mais se aproximou de um julgamento neutro se refere ao caráter “Desafiador”. No fundo, é esperado que a exploração do material digital seja instigante ao invés de entediante ou ingênuo. Mas, a competência na leitura destes materiais na forma de MC deve ser mais exercitada, pois pode acarretar, à primeira vista, uma leitura superficial, já que exige múltiplos graus de profundidade.

Considerações Finais

A partir do pré-teste foi possível conhecer as demandas e as concepções prévias dos estudantes acerca do fenômeno da estereoisomeria, bem como a assimilação dos conceitos mais simples ao complexo. Em relação ao pós-teste, fica evidenciado a melhora no desempenho dos alunos, visto que os resultados tanto na comparação de média como na análise pormenorizada dos índices de acerto trazem esta evidência. Subentende-se então, que houve ganho de conhecimento e que as aulas ministradas pelo professor da turma aliado ao material foram eficientes. Além de mostrarem uma outra alternativa para o aprendizado de estereoisomeria, que segundo algumas opiniões dos alunos, o material é útil, inovador e divertido, possibilita aprender temas de maior dificuldade de forma agradável quando comparadas às tradicionais.

A respeito do material e da tecnologia utilizada, o uso do MC se mostrou uma excelente alternativa ao ensino, visto que foi bem aceito pelos participantes e se mostrou eficiente. A respeito da RA, é importante pontuar também que atualmente há vários estudos e iniciativas/empresas que buscam introduzir a RA em diferentes setores de nossas vidas. Diversas instituições como Google®, SENAI, Nintendo® e Playstation® são referências e têm investido continuamente em RA para usos que vão desde o ensino a setores como medicina, jogos, arquitetura e comércio, mostrando que essa tecnologia pode ser uma grande aliada não só para a educação como também para outros aspectos da vida.

Referências

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P; R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, ano 2013, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013.

AINSWORTH, S. A conceptual framework for considering learning with multiple representations. **Learning and Instruction**, [s. l.], v. 16, p. 183-198, 2006.

AUSUBEL, D. P. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrech: Kluwer Academic Publishers, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2ª Edição. ed. Rio de Janeiro: Interamericana Ltda, 1980.

CAHTAREVIC, R. Virtuality in architecture: from perspective representation to augmented reality. **Facta universitatis: series Architecture and Civil Engineering**, [s. l.], v. 6, p. 235-241, 2008.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. São Paulo: ARTMED, 2007.

FERNANDES, D. M. Primeiras Aprendizagens Matemáticas com GeoGebra. **Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo**, v. 7, n. 1, p. 41-58, 2018.

HAMDAN, N. A.; MOHAMAD, M.; SHAHARUDDIN, S. Hypermedia Reading Materials: features affecting their reading comprehension. **The Electronic Journal of e-Learning**. v. 15, n. 2, p. 116-125, 2017.

JOHNSTONE, A. H. Macro-and micro chemistry. **School Science Review**, v. 64, p. 377-379, 1982.

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

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Simulation and Modeling: current technologies and applications. **IGI Global**, p. 391-419, 2008.

LIMA, J. A. *et al.* Avaliação da aprendizagem em Química com uso de mapas conceituais. **Revista Thema**, v. 14, n. 2, p. 37-49, 2017.

MAIER, P.; KLINKER, G. Augmented Chemical Reactions: 3D interaction methods for chemistry. **International Journal of Online and Biomedical Engineering**, v. 9, n. 1, p. 80-82, 2013.

MCMURRY, John. **Química Orgânica Combo**. 6. ed. São Paulo: Thomson, 2004.

NETO, J. E. S. CAMPOS, A. F.; MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 327-346, 2013.

NOVAK, J. D. **Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations**. Nova Iorque: Routledge, 2010.

QUEIROZ, A. S.; OLIVEIRA, C. M.; REZENDE, F. S. Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**, v. 1, n. 2, 2015.

RAUPP, D. T. **Um estudo de caso sobre a compreensão de conceitos químicos mediante visualização de representações computacionais 3D utilizando o referencial de Campos Conceituais**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, RS, 2010.

SANTOS, B. M. **Experimentos Virtuais na Área de Química com Realidade Aumentada**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Faculdade de Ciência da Computação, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS, 2013.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. S. da. Neurociência e educação: estratégias multissensoriais para a aprendizagem de geometria molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 1, p. 01-26, 2021. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1707>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B.; SNYDER, S. A. **Química Orgânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SOUSA, R. T.; AZEVEDO, I. F.; ALVES, F. R. V. O GeoGebra 3D no Estudo de Projeções Ortogonais Amparado Pela Teoria das Situações Didáticas. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, v. 14, n. 1, p. 92-98, 2021.

SULZBACH, A. C. **O ensino de isomeria óptica por meio de atividades experimentais**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2017.

SWELLER, J. Evolution of human cognitive architecture. *In*: ROSS, B. **The Psychology of Learning and Motivation**. San Diego: Academic Press, v. 43, cap. 7, pp. 215-266, 2013.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive Load Theory**. Nova Iorque: Springer, 2011.

TALANQUER, V. Macro, submicro, and symbolic? The many faces of the chemistry triplet. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 22, p. 179-195, 2011.