

# UM JOGO COM REALIDADE AUMENTADA PARA A APRENDIZAGEM DA ISOMERIA

## AN AUGMENTED REALITY GAME FOR LEARNING ISOMERY

Adilson Vahldick<sup>1</sup>, Adroan Covari Heinen<sup>2</sup>

Recebido: julho/2022 Aprovado: setembro/2022

**Resumo:** A Realidade Aumentada (RA) está cada vez mais acessível ao grande público. O amadurecimento da tecnologia em combinação com o barateamento dos dispositivos móveis tornou popular a experiência com RA. Paulatinamente, essa tecnologia vem sendo usada para fins educativos. O presente trabalho apresenta um jogo com recursos de RA para apoiar o aprendizado de isomeria. O aplicativo está estruturado em um jogo de seis perguntas e respostas e mais três questões que solicitam ao aluno construir uma molécula. O jogo foi experimentado com 35 voluntários entre 17 e 60 anos. Devido às restrições sanitárias quanto ao COVID ainda não foi possível testar com alunos do ensino médio. Com a avaliação foi possível concluir a possibilidade de usar o jogo em sala de aula. A maior contribuição do trabalho é a ideia validada do jogo com possíveis aplicações em sala de aula, fomentando o uso desse tipo de aplicativo nas aulas de química.

**Palavras-chave:** realidade aumentada, jogos sérios, isomeria.

**Abstract:** Augmented Reality (AR) is becoming increasingly accessible to the public. The maturation of the technology in combination with the cheapening of mobile devices has made popular the AR experience. Gradually, this technology is being used for educational purposes. This paper presents an AR-enabled game to support the learning of isomerism. The app is structured into a game of six questions and answers and three more questions that ask the student to build a molecule. The game was experienced with 35 volunteers between the ages of 17 and 60. Due to health restrictions regarding COVID it was not yet possible to test with high school students. With the evaluation it was possible to conclude the possibility of using the game in the classroom. The main contribution of the work is the validated idea of the game with possible applications in the classroom, fostering the use of this type of application in chemistry classes.

**Keywords:** augmented reality, serious games, isomerism.

## 1. Introdução

O aprendizado de Química é desafiador em promover aos alunos a união do conteúdo ministrado pelo professor à realidade deles, exigindo um ensino contextualizado, dinâmico e significativo (COSTA; MAGALHÃES, 2020). A metodologia expositiva desmotiva os alunos quando percebem que todo o conteúdo está disponível na Internet (HEIDRICH; ALMEIDA; BEDIN, 2022). Muitas vezes, os professores utilizam somente os livros didáticos em suas aulas, sem a realização de atividades práticas em laboratório deixando de lado o incentivo a experimentação (VIEIRA; MEIRELLES; RODRIGUES, 2011). Cabe aos professores identificarem maneiras de inovar para construir um conhecimento reflexivo, criativo e útil em situações cotidianas do aluno (BARIN;

<sup>1</sup>  ORCID iD 0000-0002-0442-3735 – Doutor, Universidade de Coimbra. Professor Associado na Universidade do Estado de Santa Catarina no Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI-UDESC), Rua Dr. Getúlio Vargas, 2822, Bairro Bela Vista, 89140-000, Ibirama, SC. E-mail: [adilson.vahldick@udesc.com](mailto:adilson.vahldick@udesc.com)

<sup>2</sup>  ORCID iD 0000-0003-0446-5254 – Bacharel em Engenharia de Software na Universidade do Estado de Santa Catarina no Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI-UDESC). Condomínio Vista dos Buritis Apto 303 Bloco 1 Rua Sicília 81, Planalto, Manaus, SC. E-mail: [adroanheinen@gmail.com](mailto:adroanheinen@gmail.com)

RAMOS, 2021). Ainda, conforme Silva (2011), as condições dos laboratórios nas escolas de ensino médio não são adequadas para as práticas experimentais, deixando as aulas para um viés teórico, dificultando ainda mais a assimilação do conhecimento, pois a maioria dos fenômenos químicos ocorrem em escala atômica, impossibilitando a observação sem um ambiente propício. Existem algumas alternativas para sobrepor essas dificuldades como kits de construção de moléculas (PASCOIN; CARVALHO; SOUTO, 2019), jogos de tabuleiro (BENEDETTI FILHO et al., 2021), jogos digitais (FIGUEIREDO; SOUZA, 2021) e aplicativos de Realidade Aumentada (GRANDO; CLEOPHAS, 2021) com dispositivos móveis.

Os dispositivos móveis têm promovido o paradigma de aprender em qualquer momento e qualquer lugar, sugerindo aos alunos usarem os aplicativos além do ambiente escolar. A Aprendizagem Móvel (AM) é considerada como qualquer tipo de aprendizagem que ocorre quando o estudante não está em um local pré-definido, estático e estipulado pelo professor ou instituição de ensino (LEITE, 2020). Além disso, a AM tem possibilitado o desenvolvimento de tecnologias como a Realidade Aumentada (RA) transformando a forma como se interage com o mundo real integrando com atividades virtuais, criando um ambiente mais imersivo para o aprendizado. Conforme Tori, Hounsell e Kirner (2018), a RA ocorre quando objetos virtuais são dispostos no mundo real, assim utilizando o mundo real como uma interface de manipulação e visualização de objetos virtuais. A sobreposição do mundo virtual no real, ou seja, o conteúdo gerado por computador é adicionado ou incorporado na experiência do mundo real, para que ambos possam ser experimentados juntos (MANN et al., 2018). Existem duas formas de acontecer a RA. Na primeira o usuário aponta a câmera do seu dispositivo móvel para uma imagem de referência, chamada de marcador. O aplicativo interpreta o marcador e projeta uma imagem em 3D no dispositivo móvel. Essa imagem pode ser estática ou uma animação, e ainda permitir que o usuário possa interagir com ela. A outra forma de acontecer a RA é baseada em geolocalização (GPS) onde os objetos virtuais são projetados conforme a localização geográfica do usuário.

A RA tem um forte potencial para experiências de aprendizagem, pois ela permite a exploração e descoberta da natureza virtual conectada da informação no mundo real (JOHNSON et al., 2010). A RA não só permite uma imersão natural e motivadora ao aluno, como também faz com que aumente sua percepção, proporcionando melhor aprendizado e uma maior compreensão do conteúdo didático apresentado, sem a necessidade de aquisição do objeto (CARDOSO et al., 2014). A RA tem o potencial de envolver os alunos e motivá-los a explorar novas interações entre os materiais de ensino do mundo real com objetos virtuais, incentivando a dar mais significado ao seu aprendizado (HSIAO; RASHVAND, 2011). Wu et al. (2013) relatam algumas oportunidades quando a RA é aplicada à educação: 1) Os conteúdos de aprendizagem em perspectivas 3D permitem que o aluno interaja e visualize esses objetos melhorando o significado do contexto alvo; 2) A aprendizagem ubíqua, colaborativa e situada com a utilização da tecnologia móvel junto com RA, como dispositivos móveis e a conexão sem fio, permite aos alunos terem uma visualização aprimorada das simulações computadorizadas, jogos, modelos e objetos virtuais em ambientes reais; 3) O sentido de presença, imediatismo e imersão dos alunos ao utilizar RA e outras mídias imersivas para aprendizagem, como jogos sérios e mundos virtuais, fornecem um espaço mediado que integra os alunos, favorecendo o aprendizado íntegro do

grupo de alunos; 4) Os sistemas RA podem ajudar os alunos a visualizarem conceitos abstratos da ciência ou fenômenos inobserváveis, como ligações químicas ou estruturas e composições dos planetas, asteroides, fluxos de ar ou campos magnéticos, usando objetos virtuais, vetores e símbolos; 5) A união da aprendizagem formal e informal faz a mediação dos conceitos abstratos da ciência para o cotidiano dos alunos. Porém, conforme Leite (2020) aponta, uma das maiores dificuldades no uso da RA é a falta de costume dos professores em usar propostas diferenciadas em sala de aula. Para complementar, Grando e Cleophas (2021) salientam que o uso dessas tecnologias deve estar alinhada à prática e mediação dos docentes, para evitar que os alunos desenvolvam barreiras e equívocos no aprendizado.

A estereoquímica estuda aspectos tridimensionais das moléculas e com os seus diversos arranjos espaciais variados é possível observar alguns fenômenos como a isomeria (JUARISTI; STEFANI, 2012). A isomeria representa uma característica particular dos compostos orgânicos, caracterizando-se pela existência de duas ou mais substâncias que apresentam fórmulas moleculares idênticas, mas que diferem em suas fórmulas estruturais ou espaciais. Raupp e Pino (2013) identificaram que a visualização tem um papel determinante no ensino de estereoquímica, ou seja, que a utilização de modelos 2D e projeções dificultam a compreensão dos estudantes. Por isso, eles recomendam o uso de modelos 3D que fornecem a maior quantidade de informações sobre a estrutura.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar técnicas de Realidade Aumentada no desenvolvimento de um jogo para permitir a visualização 3D e a construção de moléculas, como complemento às aulas conceituais de Química Orgânica, mais especificamente aos conteúdos de isomeria. O jogo está organizado como um *quiz* dividido em três fases: classificação do tipo de isomeria, nomeação das moléculas e construção de moléculas. As perguntas foram elaboradas para contextualizar o conteúdo de isomeria com o cotidiano dos alunos, dando maior significado ao assunto.

## 2. Trabalhos Correlatos

A verificação de outros experimentos de RA com o assunto estereoquímica tem como objetivo conhecer os recursos utilizados nos aplicativos, e as considerações sobre o uso da tecnologia no aprendizado.

Behmke et al. (2018) utilizaram o ambiente Aurasma para desenvolver a experiência em RA. Eram exibidas duas configurações diferentes de moléculas e os alunos respondiam se correspondiam à mesma molécula. Adicionalmente os alunos podiam assistir a um vídeo explanando a resposta correta. Os autores sugerem modificações na aplicação para permitir interações mais avançadas. Os alunos concordaram que os modelos com RA eram mais convenientes e fáceis de manipular e entender que os kits com os modelos físicos.

O aplicativo desenvolvido em Swamy, Chavan e Murthy (2018) poderia ser utilizado como visualizador e comparador de estruturas moleculares, ou seja, serviria como suporte às atividades de aprendizado. Foram exemplificadas duas atividades de aprendizagem: o professor poderia entregar uma planilha com marcadores, e os alunos responderiam nessa planilha. A primeira atividade consistiria em identificar e classificar duas moléculas estereoisômeras. A

tarefa poderia ser realizada arrastando as moléculas umas sobre as outras. A segunda atividade consistiria em projetar quatro moléculas, e identificar quais são pares, usando os mesmos recursos da atividade anterior. O aplicativo foi avaliado por professores que apontaram duas vantagens significativas: (1) o aplicativo é mais acessível que os kits com os modelos físicos, permitindo que alunos testem e visualizem uma quantidade maior de moléculas; (2) o fato dos alunos poderem interagir com as estruturas, em vez de simplesmente assistirem vídeos ou lerem dos livros didáticos, permite uma aprendizagem mais significativa.

Em Habig (2020), o aplicativo continha perguntas de múltipla escolha, onde algumas delas eram para classificar a conformidade das estruturas e as demais para determinar a configuração de uma estrutura orgânica. O experimento concluiu que a RA provê uma promissora abordagem para visualização de conceitos complexos, porém, o autor aponta que são necessários estudos adicionais para formular princípios de projeto para tornar mais efetivo o aprendizado em química usando RA.

Os trabalhos de Behmke et al. (2018) e Habig (2020) realizaram experimentos com os alunos. Apesar de terem apontado benefícios já relatados, ambos rejeitaram a hipótese de que o desempenho dos alunos tenha sido melhor usando RA.

### 3. Desenvolvimento do Jogo

O jogo foi desenvolvido com o Unity 4.19, na linguagem de programação C#. A biblioteca Vuforia foi utilizada para implementar os recursos de RA.

O jogo pode ser baixado, junto com seus marcadores, em <https://www.udesc.br/ceavi/gamelab/tccs/adroancovariheinen>. O jogo contém nove perguntas baseadas em apostilas de química do Colégio Energia e revisadas pela professora de química. Como o aplicativo é uma prova de conceito, e não um produto final, foram definidas somente essas nove questões, divididas em três fases:

1. Fase 1: o aluno precisa classificar o tipo de isomeria dado um par de moléculas lado a lado;
2. Fase 2: o aluno deve identificar o nome da molécula e o tipo de isomeria;
3. Fase 3: o aluno constrói uma molécula de acordo com o nome fornecido pelo jogo.

A Figura 1 apresenta as nove cartas com seus respectivos marcadores. A Figura 2 utiliza a primeira pergunta para demonstrar a operacionalização do jogo. Após inicializado o jogo, o aluno aponta a câmera para a carta que renderiza as moléculas em 3D. Existe um botão verde [Abrir pergunta] que é clicado quando o aluno bloqueia completamente sua visualização, por exemplo, cobrindo a imagem com o dedo. Quando o botão é clicado, o jogo abre uma tela (Figura 3) apresentando a pergunta, as alternativas e do lado esquerdo o aluno consegue redimensionar e rotacionar as moléculas em 3D. O aluno seleciona uma das quatro alternativas e clica em [Verificar]. Se a alternativa estiver incorreta o botão é colorido em vermelho, e verde quando estiver correta. Enquanto o botão estiver em vermelho, o aluno não consegue prosseguir no jogo.

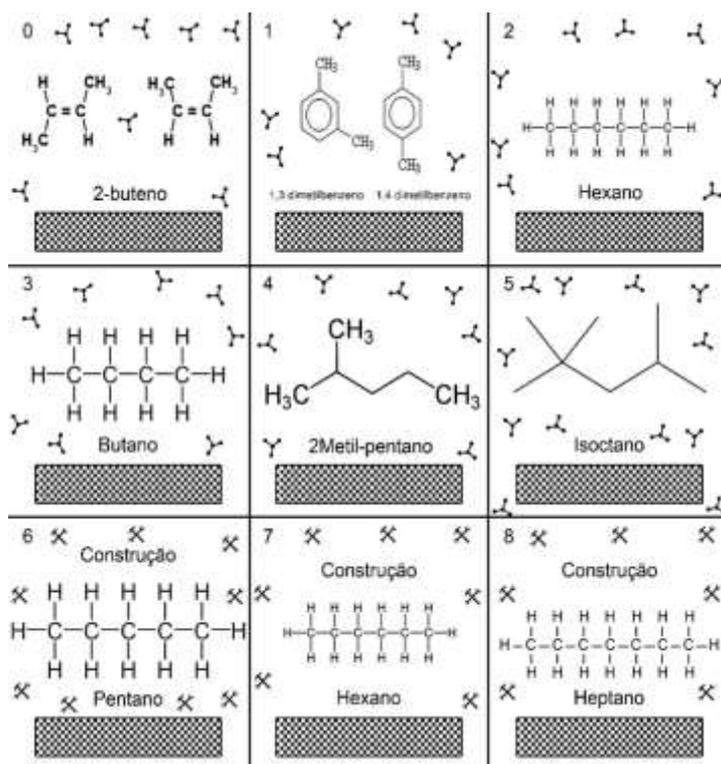


Figura 1 – Marcadores usados no aplicativo

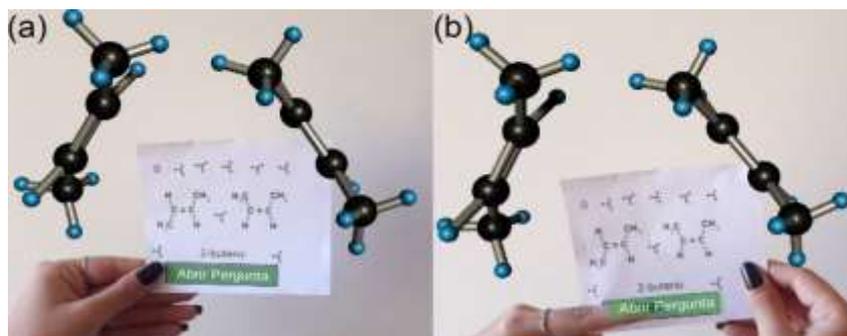


Figura 2 – Captura do marcador pelo aplicativo



Figura 3 – Tela apresentada no celular após a captura do marcador

Para a última fase do jogo, em que a tarefa é a construção de moléculas, é apresentada a pergunta e do lado esquerdo a edição da molécula. Por exemplo, a primeira questão da fase 3 é “A partir de agora as coisas vão ficar um pouco mais complicadas. Para te ajudar a entender um pouco mais sobre isômeros, vou utilizar um pouco do que você aprendeu anteriormente para testá-lo, e ver se entendeu o conteúdo. Dessa forma, quero que, utilizando do editor de moléculas ao lado, você construa o isômero plano de cadeia ramificada da molécula de pentano chamado neopentano ou 2,2 dimetil-propano.”. Como molécula inicial o jogo fornece o metano (CH<sub>4</sub>). O aluno clica nas bolinhas em azul (veja um exemplo da representação em 3D das moléculas na Figura 3), que representam o hidrogênio, para transformá-lo em carbono, e para estabilizar a molécula, quando necessário o jogo adiciona novos átomos de hidrogênio ligados a ele, mantendo a ligação que já tinha anteriormente com o carbono. O aluno clica em [Verificar] quando acreditar que está criada a molécula solicitada. A solução é verificada, e o botão é colorido com verde ou vermelho como já comentado.

## 4. Avaliação do Jogo

Devido à pandemia do COVID-19 e às restrições sanitárias, acabou-se restringindo a avaliação do aplicativo em sala de aula. Contudo, o acadêmico responsável por essa investigação, providenciou uma página no Google Forms com os links para baixar o aplicativo e os marcadores em PDF, disponibilizando instruções iniciais sobre a instalação do aplicativo, algumas perguntas para identificar o testador (idade, gênero e nível de instrução) e um questionário baseado no instrumento MAREEA (HERPICH et al., 2019) que visa avaliar abordagens educacionais em realidade aumentada móvel. O acadêmico divulgou em suas redes sociais com um limite de cinco dias para coletar as respostas do formulário.

O jogo foi testado por 35 voluntários, com idades entre 17 e 60 anos. O gráfico da Figura 4 apresenta a distribuição dos testadores, onde na Figura 4a pode-se observar que o maior conjunto da amostra (23 pessoas – 66%) pertencia àqueles com até 30 anos. Em relação ao gênero houve uma distribuição homogênea (51,43% de mulheres e 48,57% de homens). A Figura 4b ilustra a distribuição quanto ao grau de instrução, e verifica-se que a grande maioria foi composta por aqueles que estão cursando ou concluíram o ensino superior (25 pessoas – 72%). Alguns resolveram o jogo em 10 minutos e outros levaram em torno de 1 hora.

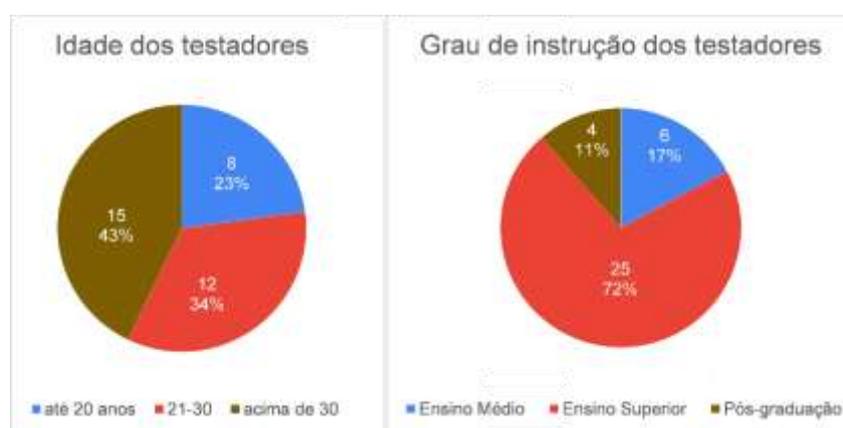


Figura 4 – (a) Idade dos testadores (b) Grau de instrução dos testadores

O instrumento MAREEA tem como propósito avaliar a percepção da qualidade, em fatores como Usabilidade, Engajamento, Motivação e Aprendizagem Ativa quando os alunos usam um aplicativo de RA (HERPICH et al., 2019). Foram usadas 36 questões (Figura 5) em cinco níveis de concordância na escala *likert* (discordo totalmente a concordo totalmente) e adicionada uma questão aberta para sugerir melhorias. A questão 32, do formulário original, que avalia o *feedback* de áudio foi removida pois o jogo não explora esse recurso.

Q1	Eu precisei aprender pouca coisa antes de usar este jogo.
Q2	Aprender a usar este jogo foi fácil.
Q3	Este jogo é fácil de usar.
Q4	A forma de usar este jogo é fácil de entender.
Q5	O design (cor, estilo de fonte e tamanho) usado neste jogo é claro e legível.
Q6	Este jogo torna difícil que eu cometa erros.
Q7	Em caso de erro no jogo, eu consigo me recuperar rápido dele.
Q8	A interface deste jogo é atraente.
Q9	Eu gosto da informação gráfica apresentada neste jogo.
Q10	O conteúdo educacional deste jogo vale a pena.
Q11	Minha experiência com este jogo foi gratificante.
Q12	Eu me senti envolvido nas tarefas deste jogo.
Q13	A experiência de aprendizagem com este jogo foi divertida.
Q14	O conteúdo educacional deste jogo despertou minha curiosidade.
Q15	Eu me interessei por este jogo.
Q16	Eu estava tão envolvido na tarefa com este jogo que perdi a noção do tempo.
Q17	Eu ignorei as coisas ao meu redor quando eu estava usando este jogo.
Q18	A forma como a informação é organizada neste jogo ajudou a manter a minha atenção.
Q19	Está claro para mim como o conteúdo educacional deste jogo está relacionado às coisas que conheço.
Q20	Completar com sucesso as atividades com este jogo foi importante para mim.
Q21	Estou confiante de que aprendi o que deveria depois de usar este jogo.
Q22	Estou confiante de que entendi o conteúdo educacional mais complexo usando este jogo.
Q23	Completar as atividades neste jogo gerou um sentimento satisfatório de realização.
Q24	Gostei tanto do conteúdo educacional deste jogo que gostaria de saber mais sobre esse assunto.
Q25	Eu realmente gostei de estudar com este jogo.
Q26	Este jogo me permitiu compreender melhor o conteúdo educacional.
Q27	Eu poderei aplicar o que aprendi com este jogo em outras atividades.
Q28	As simulações deste jogo são úteis para o meu aprendizado.
Q29	Este jogo me desafiou a aprender coisas novas.
Q30	Neste jogo, escolho tarefas que posso aprender.
Q31	Este jogo forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback visual.
Q32	Este jogo forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback de áudio.
Q33	Este jogo me permite interagir com simulações que dificilmente realizaria no mundo real.
Q34	As simulações neste jogo foram apropriadas para uma experiência de aprendizado.
Q35	As simulações neste jogo são úteis para praticar os casos da vida real antes de realizá-las no laboratório real.
Q36	Este jogo retratou problemas do mundo real por meio de simulações.
Q37	Eu gosto de usar este jogo no meu treinamento prático.

Figura 5 - Itens do instrumento MAREEA

Conforme Vahldick, Schoeffel e Moser (2019), “A escala *likert* é de natureza qualitativa ordinal, pois existe uma ordem natural entre os itens da escala (p.e., entre discordo totalmente e concordo totalmente). Para realizar as operações algébricas, normalmente acaba-se transformando a escala em quantitativa discreta (neste caso, pontuando-se de 1 a 5). Porém, quando isso é feito, admite-se, incorretamente, que existe uma relação linear entre os níveis de concordância.” Tastle, Russell e Wiermann (2008) propõem um novo índice para complementar a interpretação dos resultados obtidos a partir dos questionários. O índice, nomeado de Consenso ( $Cns(x)$ ), usa a esperança matemática ( $E(x)$ ), que consiste no valor médio esperado de

uma pesquisa, caso ela for repetida várias vezes. O  $Cns(x)$  deve ser interpretado como um valor percentual de concordância interna da distribuição, no que diz respeito a  $E(x)$ . Como  $0 \leq Cns(x) \leq 1$ , entende-se que, quanto mais próximo de 1, mais os respondentes “concordam” com o valor esperado para a questão. Um conceito complementar ao Consenso é o de Divergência ( $Dvg(x)$ ) e esta é dada simplesmente por  $1 - Cns(x)$ .

## 5. Resultados e discussões

A Figura 6 apresenta o resultado das esperanças matemáticas calculadas para cada questão. A questão sinalizada em vermelho (Q1) corresponde àquela em que o consenso não atingiu a maioria qualificada ( $Cns(x) \leq 0.60$ ), ou seja, não houve consenso com o grupo em relação à esperança matemática. Os resultados para essa questão foram  $E(x) = 3,94$ ,  $Cns(x) = 0,57$  e  $Dvg(x) = 0,43$ . Pode-se observar que os respondentes não concordaram com o valor da esperança matemática. Essa questão apresenta ao testador “Eu precisei aprender pouca coisa antes de usar este jogo”. Apesar de ter sido uma pergunta à nível de usabilidade, os testadores podem ter avaliado essa questão em relação ao nível de conhecimento de isomeria, pois a maioria deles, conforme a Figura 4, não estão no Ensino Médio, e provavelmente tiveram que buscar relembrar os conceitos de Isomeria.

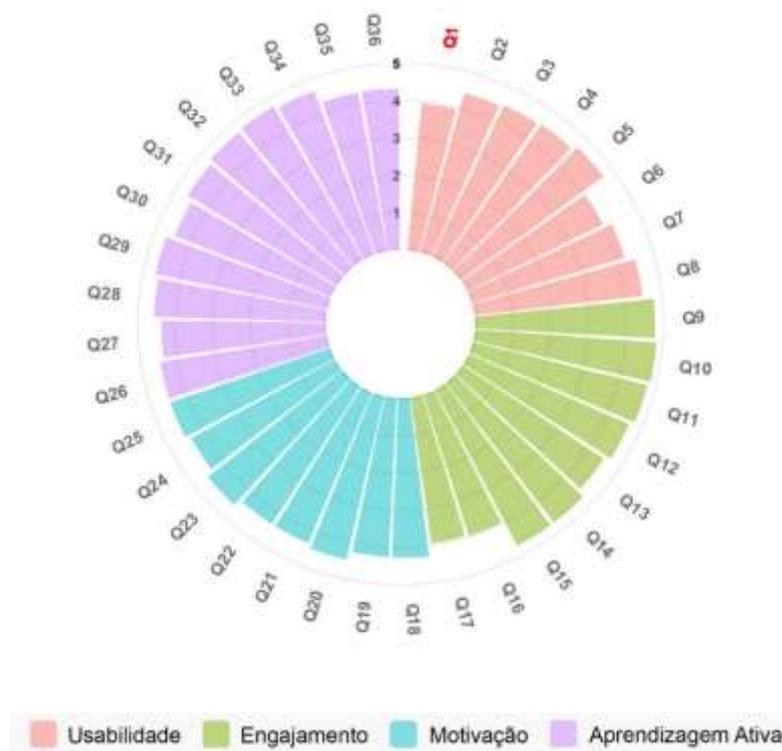


Figura 6 - Resultado da avaliação com o instrumento MAREEA

Em todas as demais questões houve concordância nas respostas e ainda pode-se observar que a esperança matemática foi igual ou superior a quatro, demonstrando que o aplicativo foi avaliado como fácil de usar, mantém os jogadores engajados e motivados, além dos testadores concordarem que a experiência criou desafios apropriados para sua aprendizagem.

Em relação à questão aberta, como não sendo obrigatória, apenas onze testadores responderam. Entre as observações, podemos destacar, por dois testadores que responderam estarem no terceiro ano do Ensino Médio:

*“Achei muito bom, fiquei olhando pras moléculas tridimensionais no celular por muito tempo, simplesmente por que são legais. Relembrei algumas coisas e procurei algumas informações para conseguir passar de carta, pois exige um conhecimento de química orgânica que eu já havia esquecido. Gostei da dinâmica e acho que poderia ser utilizado facilmente em sala de aula com o professor projetando as cartas no quadro e realizando esse "Quiz" com os alunos”*

*“Jogo bem desenvolvido com bastante conteúdo educacional. A proposta do jogo é bem interessante sinceramente gostei de jogar. Sugiro uma pequena melhoria nas questões que necessitam a construção das moléculas poderia ser mais fácil de movimenta-las tirando isso o jogo está show de bola parabéns”.*

## 6. Considerações finais

Uma grande dificuldade para os professores de Química é a disponibilidade de aplicativos e ferramentas que permitam que seus alunos tenham uma visão mais concreta dos conceitos abstratos aprendidos em aula. Os conceitos de estereoquímica não são apresentados e nem explicados no jogo. Ele serve com uma ferramenta para avaliar o conhecimento e praticar o assunto. O jogo permite que os alunos visualizem em 3D a partir de cartas com as estruturas moleculares, reflitam sobre as perguntas que lhes são feitas, e ainda tem uma ferramenta para a construção das moléculas. Apesar do projeto estar em estágio inicial, o jogo foi avaliado quanto à usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa, por 35 voluntários, onde na sua maioria nem estavam ligados ao assunto de Isomeria ou Química. Os resultados apresentados levam-nos a acreditar que o aplicativo seja promissor no uso das aulas de Isomeria, e permite-nos avançar na formulação de novos exercícios e posterior aplicação em sala de aula.

Podemos sugerir algumas estratégias de uso do aplicativo: (1) Após reconhecer o marcador, e desenhar a molécula em 3D no seu dispositivo móvel, o professor pode usar do espelhamento da tela em um projetor para que ele demonstre a estrutura molecular em três dimensões de forma ampliada, apontando os ângulos e tipos de ligações; (2) Ao desabilitar a possibilidade de os alunos fazerem mais de uma tentativa na questão, podem-se formar equipes e distribuir uma carta diferente para cada uma. A tarefa da equipe é discutir e concluir uma resposta. Em momento posterior, o professor pode projetar a pergunta no quadro e estabelecer um debate conduzido pela equipe que recebeu a carta; (3) Ao criarmos um conjunto maior de questões, o professor pode imprimir mais cópias das cartas, e entregar individualmente conjuntos aleatórios de cartas; (4) O professor pode manter somente as cartas das tarefas de construção de moléculas, por ser uma tarefa de produção individual, e o aluno teria a verificação da sua resposta sem depender diretamente do professor para corrigir o exercício. Essas foram algumas possibilidades no uso do aplicativo para demonstrar o potencial de permitir aulas mais interativas e que possam permitir o atendimento individualizado do aluno.

Em relação aos trabalhos correlatos, pôde-se verificar que dois desses ambientes tinham tarefas de avaliação integrando os recursos de RA. Em todos os ambientes tinham interações básicas com as estruturas, podendo rotacionar, arrastar, ampliar e reduzir a visualização. O diferencial no aplicativo aqui relatado está na possibilidade de construir e editar as moléculas. Em todos eles foram apontados vantagens de usar RA em comparação à modelos físicos e mesmo no papel, porém ainda não alcançaram evidências estatísticas para comprovar o real ganho no aprendizado usando essa tecnologia. Essa incerteza demonstra o caminho que ainda precisa ser percorrido para alcançar a maturidade da RA no aprendizado de química.

## 7. Agradecimentos

Esse trabalho foi financiado pelo Programa FAPESC Jovens Projetos – SC pelo Termo de Outorga nº 2021TR001873. Os pesquisadores agradecem a todos aqueles que contribuíram testando o jogo. Também agradecem o apoio financeiro na infraestrutura do Grupo de Pesquisa Engenharia e Desenvolvimento de Tecnologia da Informação através do Termo de Outorga nº 2021TR882.

## 8. Referências

BARIN, Claudia S.; RAMOS, Thanise B. Experimentação Aliada a Resolução de Problemas no Ensino de Química: O que tem sido discutido? **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 11, n. 3, p. 193–209, 2021. DOI: 10.31512/encitec.v11i3.574.

BEHMKE, Derek; KERVEN, David; LUTZ, Robert; PAREDES, Julia; PENNINGTON, Richard; BRANNOCK, Evelyn; DEITERS, Michael; ROSE, John; STEVENS, Kevin. Augmented Reality Chemistry: Transforming 2-D Molecular Representations into Interactive 3-D Structures. *In*: INTERDISCIPLINARY STEM TEACHING AND LEARNING CONFERENCE 2018, **Anais [...]**. DOI: 10.20429/stem.2018.020103.

BENEDETTI FILHO, Edeimar; CAVAGIS, Alexandre D. M.; SANTOS, Karen O. Dos; BENEDETTI, Luzia P. dos S. Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 2, p. 167–175, 2021. DOI: 10.21577/0104-8899.20160242.

CARDOSO, Raul G. S.; PEREIRA, Said T.; CRUZ, Jorge H.; ALMEIDA, Will R. M. Uso da realidade aumentada em auxílio à educação. *In*: COMPUTER ON THE BEACH 2014, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC p. 330–339.

COSTA, Francisco José; MAGALHÃES, Antônio Carlos. Estado da questão: Arte no ensino de Química. **Pesquisa e Ensino**, v. 1, n. e202010, 2020. DOI: 10.37853/pqe.e202010.

FIGUEIREDO, Marcia C.; SOUZA, Aguinaldo R. De. Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 3, p. 278–286, 2021. DOI: 10.21577/0104-8899.20160247.

GRANDO, John Wesley; CLEOPHAS, Maria das Graças. Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 2, p. 148–154, 2021. DOI: 10.21577/0104-8899.20160236.

HABIG, Sebastian. Who can benefit from augmented reality in chemistry? Sex differences in solving stereochemistry problems using augmented reality. **British Journal of Educational Technology**, v. 51, n. 3, p. 629–644, 2020. DOI: 10.1111/bjet.12891.

HEIDRICH, Robson A.; ALMEIDA, Caroline M. M. De; BEDIN, Everton. Observações e Práticas Pedagógicas de Química Baseadas nas Tecnologias Digitais no Ensino Médio. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 12, n. 1, p. 167–185, 2022. DOI: 10.31512/encitec.v12i1.671.

HERPICH, Fabrício; NUNES, Felipe Becker; PETRI, Giani; NICOLETE, Priscila; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, RS, v. 17, n. 1, p. 355–364, 2019. DOI: 10.22456/1679-1916.95842.

HSIAO, Kuei-Fang; RASHVAND, Habib F. Integrating body language movements in augmented reality learning environment. **Human-centric Computing and Information Sciences**, v. 1, n. 1, p. 1–10, 2011. DOI: 10.1186/2192-1962-1-1.

JOHNSON, L.; LEVINE, A.; SMITH, R.; STONE, S. Simple augmented reality. **The 2010 Horizon Report**. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2010.

JUARISTI, Eusebio; STEFANI, Hélio A. **Introdução à Estereoquímica e à Análise Conformacional**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2012.

LEITE, Bruno Silva. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de química. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 6, p. e097220, 2020. DOI: 10.31417/educitec.v6i.972.

MANN, Steve; FURNESS, Tom; YUAN, Yu; IORIO, Jay; WANG, Zixin. **All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimediated Reality** arXiv:1804.08386, 2018. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1804.08386>.

PASCOIN, Alessandro Félix; CARVALHO, José Wilson Pires; SOUTO, Daise Lago Pereira. Ensino de Química Orgânica com o Uso dos Objetos de Aprendizagem Atomlig e Simulador Construtor de Moléculas. **Revista Signos**, v. 40, n. 2, p. 208–226, 2019. DOI: 10.22410/issn.1983-0378.v40i2a2019.2334.

RAUPP, Daniele Trajano; PINO, José Cláudio Del. O desafio do ensino de estereoquímica no Ensino Médio e o papel da visualização. *In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS 2013*, Águas de Lindóia, SP. **Anais [...]**. Águas de Lindóia, SP

SILVA, Airton Marques Da. Proposta para Tornar o Ensino de Química mais Atraente. **Revista de Química Industrial**, n. 731, p. 7–12, 2011.

SWAMY, Narasimha K. L.; CHAVAN, Pankaj S.; MURTHY, Sahana. StereoChem: Augmented reality 3d molecular model visualization app for teaching and learning stereochemistry. *In: IEEE 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT 2018*, **Anais [...]**. Mumbai, India p. 252–256. DOI: 10.1109/ICALT.2018.00065.

TASTLE, William J.; RUSSELL, Jack; WIERMANN, Mark J. A new measure to analyze student

performance using the Likert scale. **Information Systems Education Journal**, North Carolina, USA, v. 6, n. 35, 2008.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva; KIRNER, Claudio. Realidade Virtual. *In: Introdução à Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

VAHLDICK, Adilson; SCHOEFFEL, Pablo; MOSER, Paolo. Metodologia de Ensino de Padrões de Projeto Baseado no Modelo 4C/ID. *In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2019, Brasília. Anais [...]*. Brasília p. 397–406. DOI: 10.5753/cbie.wcbie.2019.397.

VIEIRA, Eloisa; MEIRELLES, Rosane M. S.; RODRIGUES, Denise C. G. A. O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do Laboratório Virtual Química Fácil. *In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E I CONGRESSO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 2011, Campinas. Anais [...]*. Campinas, SP

WU, Hsin Kai; LEE, Silvia Wen Yu; CHANG, Hsin Yi; LIANG, Jyh Chong. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. **Computers & Education**, v. 62, p. 41–49, 2013. DOI: 10.1016/J.COMPEDU.2012.10.024.