

ISOQUIIF: um novo software educacional gratuito para o ensino da isomeria química

Luiz Gustavo Albuquerque dos Santos¹, Alynne Lara de Souza², Jocélia Pereira de Carvalho Oliveira³, Marccus Victor Almeida Martins^{4*}

¹Bacharel em Sistemas de Informação pelo IF Goiano – Campus Catalão

²Doutoranda no Programa de Ciências dos Materiais pela UFCAT – Professora da SEDUC-GO

³Doutora em Química pela UFABC – Professora da UFCAT

⁴Doutor em Nanociências e Materiais Avançados pela UFABC – Professor do IF Goiano-Campus Catalão



Informações do Artigo

Palavras-chave:

Ensino de Química; Software educacional.

Key words:

Chemistry teaching; Educational software.

E-mail:

marccus.victor@ifgoiano.edu.br



ISOQUIIF: a new free educational software for teaching chemical isomerism

ABSTRACT

This paper introduces ISOQUIIF, a free educational software designed to enhance the teaching and learning of chemical isomerism. Initially, a prototype was developed, and a survey was conducted with 16 chemistry teachers to validate the proposed tool and gather suggestions for improvement. Following the validation of the proposal and the incorporation of the suggestions into the project scope, development commenced. The isomer database was created through the automated extraction of data from PubChem. The final product is a multiplatform application available on both Android and the web. To evaluate the tool, a classroom intervention was conducted involving 70 high school students, followed by a survey for data collection. The findings indicate that ISOQUIIF delivers a highly satisfactory UX and is useful for the study of isomerism.

INTRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do ensino médio é um documento que define as diretrizes para a educação básica no Brasil. De acordo com essas diretrizes, as instituições de ensino devem proporcionar ao educando uma formação completa e robusta, que integre a valorização do conhecimento, o desenvolvimento intelectual e a capacidade de compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de maneira crítica e reflexiva (BRASIL, 2018). Aliados à BNCC, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do ensino médio são diretrizes elaboradas para orientar educadores e gestores acerca de aspectos fundamentais inerentes a cada disciplina. Nesse contexto, os PCNs desse nível recomendam aos educadores que abordem a interdisciplinaridade não como uma nova disciplina, mas como uma forma de articular diferentes áreas do conhecimento para solucionar um dado problema (BRASIL, 2000). Diante disso, cabe ao professor, enquanto mediador no processo de ensino e aprendizagem, adotar estratégias inovadoras em sua atuação pedagógica.

No âmbito das ferramentas educacionais destinadas à atuação docente, a literatura evidencia a elevada eficácia de diferentes estratégias, como o uso de aulas práticas experimentais (SILVA et al., 2023), visitas técnicas (MATOS, 2019), aulas lúdicas (CARRIELLO; MARINHO; GUANÃBENS, 2023), jogos digitais (PACHECO; COSTA, 2023), gamificação (XAVIER; MELLO, 2022) e as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) (SOUZA; PEDRO; COLLING, 2023).

Com a pandemia da COVID-19, o uso das TIC como ferramentas educacionais cresceu exponencialmente. Consequentemente, essas tecnologias tendem a consolidar-se no contexto educacional. Nesse cenário, destacam-se estudos como o de Ferreira et al. (2021), que analisaram a adaptação de docentes ao uso de plataformas tecnológicas, como *Google Classroom*, *Google Meet*, *Zoom*, *Skype* e *WhatsApp*, no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, os autores investigaram a aplicação do *software* Avogadro nas aulas de química como uma ferramenta inovadora nesse contexto. Outro exemplo relevante é o estudo de Mesquita e Barroso (2021), que abordou a utilização de softwares educativos no ensino de química. Os autores concluíram que ferramentas como *PhET Interactive Simulations*, *LabVirt*, *ChemSketch* e Avogadro apresentam significativo potencial de impacto na construção do conhecimento, ao possibilitar a reprodução ou simulação de realidades não visíveis a olho nu sem o auxílio dessas tecnologias. Adicionalmente, o trabalho de Freitas et al. (2020) investigou uma sequência de etapas para analisar o uso pedagógico do *software Kalzium* em uma escola pública de ensino médio no Nordeste do Brasil. Os autores concluíram que o *software Kalzium* constitui uma ferramenta importante para facilitar a compreensão conceitual de diversos conteúdos, como a geometria molecular.

No que diz respeito especificamente a estudos que abordam o desenvolvimento ou relatam experiências relacionadas ao uso de ferramentas tecnológicas para o ensino e aprendizagem de isomeria química, observa-se uma quantidade limitada de resultados na literatura acadêmica. A escassez de softwares específicos para a isomeria também se verifica fora do âmbito acadêmico, conforme evidenciado por uma busca realizada no *Google*, na *Google Play Store* e no *GitHub*. Dentre os três trabalhos identificados na literatura que tratam do tema, os mais recentes são apresentados a seguir. Patrício et al. (2024) desenvolveram marcadores de realidade aumentada para o estudo tridimensional da isomeria plana e espacial, os quais foram aplicados em sala de aula e avaliados como altamente relevantes para a prática pedagógica no ensino médio. Em Sagica et al. (2024), os autores relataram a utilização do aplicativo de desenho químico *KingDraw* como recurso didático no ensino de isomeria e constataram seu potencial para contribuir para a aprendizagem de estudantes do ensino médio. Pereira (2022) apresenta o aplicativo de realidade aumentada *IsomeriAR*, desenvolvido para o ensino de química orgânica, que possibilita a interação com modelos tridimensionais de moléculas e oferece informações básicas sobre isômeros. Infelizmente, o *IsomeriAR* não se encontra mais acessível on-line nem disponível para download.

Ao analisar esses trabalhos, percebe-se que o uso das TIC como ferramentas educacionais no ensino de química constitui como excelente mecanismo para promover a interdisciplinaridade, conferindo ao educando o protagonismo no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, cabe relacionar o uso crescente das TIC em sala de aula com o Projeto de Lei (PL) 104/15, aprovado em 2024 pela Comissão de Educação da Câmara dos Deputados. Esse projeto prevê a proibição do uso de telefones celulares e outros dispositivos eletrônicos portáteis por alunos da educação básica

em escolas públicas e privadas, inclusive durante o recreio e nos intervalos entre as aulas. Contudo, o debate em torno do PL 104/15 resultou na inclusão de exceções para o uso dos celulares em situações regulamentadas, como para fins pedagógicos e didáticos, desde que estejam sob a orientação do docente e dos sistemas de ensino. O projeto foi validado na Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania e sancionado na forma da Lei presidencial n.º 15.100, de 13 de janeiro de 2025. Nesse cenário, é fundamental que a jurisdição nacional regulamente o uso pedagógico de celulares em ambientes educacionais, pois tal iniciativa pode gerar avanços extremamente positivos na integração das TIC ao processo de ensino e aprendizagem.

Considerando esse contexto, como projetar um software para preencher a lacuna de recursos digitais educacionais específicos para o ensino da isomeria química? Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver e validar uma ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem da isomeria química. Entre os objetivos específicos estão: criar o protótipo com o esboço das funcionalidades essenciais, validar o protótipo a partir das contribuições dos professores de química, desenvolver o aplicativo e, finalmente, validar o aplicativo desenvolvido através da coleta e análise do feedback dos estudantes após o uso da ferramenta em sala de aula.

O aplicativo, denominado ISOQUIIF, foi assim nomeado em referência ao seu foco, isomeria química, e à sua origem institucional, ressaltando que foi desenvolvido em um Instituto Federal. A relevância dessa iniciativa é enfatizada diante da lacuna de softwares voltados especificamente para o estudo desse conteúdo. Para viabilizar o desenvolvimento da ferramenta, seu escopo está inicialmente restrito aos isômeros planos da química orgânica, um tipo de isomeria predominantemente abordada no ensino médio; entretanto, planejam-se versões futuras com o intuito de abranger outros tipos de isômeros. Ademais, é importante ressaltar que o aplicativo está disponível gratuitamente, com uma interface de fácil utilização e a capacidade de operar sem a necessidade de conexão com a internet, garantindo, assim, a democratização do acesso à ferramenta.

APORTE TEÓRICO/METODOLÓGICO

A metodologia deste trabalho caracteriza-se pelo estudo de desenvolvimento (*development research*) e com abordagem mista (quali-quantitativa), e está segmentada em seis partes, conforme sumarizado no fluxograma da Figura 1. Cada uma dessas etapas é detalhada a seguir.

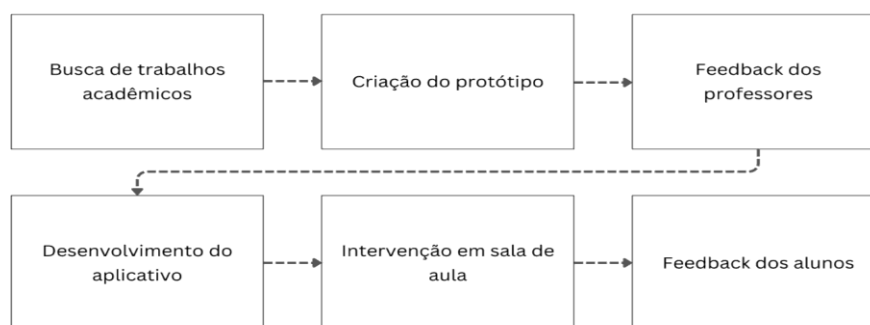


Figura 1 - Fluxograma das etapas deste trabalho.

Fonte: Autores.

Busca de trabalhos acadêmicos

Foi realizada uma busca ativa de trabalhos acadêmicos publicados na literatura, com o objetivo de analisar quantitativamente o uso de softwares para fins educacionais na área da química. Para isso, as buscas foram realizadas na plataforma *Google Acadêmico*, em 28 de novembro de 2024, utilizando três palavras-chave: “ensino”, “química” e “software”. A pesquisa foi segmentada em intervalos de décadas: 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020 e 2020-2024. Adicionalmente, os mesmos filtros, palavras-chave e intervalos de décadas foram aplicados utilizando as palavras traduzidas para a língua inglesa: “teaching”, “chemical” e “software”. Os resultados obtidos foram analisados por meio de planilhas no Microsoft Excel e apresentados na forma de gráficos.

Amostra e Critérios de seleção

Os dezesseis professores que relataram no questionário do *Google Forms* a experiência com o uso do protótipo foram convidados por email, sendo atuantes em esferas de ensino pública e privada na área da química e aceitaram participar voluntariamente. Para a validação do aplicativo, duas turmas totalizando 70 estudantes da terceira série do ensino médio foram convidadas para relatarem a experiência no uso do ISOQUIIF, onde 48 consentiram em participar voluntariamente do relato de experiência do aplicativo. A Tabela 1 apresenta outros detalhes mais específicos sobre a amostragem e os critérios da pesquisa.

Tabela 1: Detalhes específicos sobre a amostragem e critérios da pesquisa.

VARIÁVEL	Professores (n = 16)	Estudantes (n = 48)
Faixa etária	Não avaliado	15–18 anos
Região de atuação	Norte, Nordeste, Centro Oeste e Sudeste.	Catalão/GO (duas escolas públicas)
Nível de ensino em que lecionam/estudam	Ensino Médio (70%), Ensino Superior (30%)	3ª série do Ensino Médio (100%)
Experiência profissional/escolaridade	Até 5 anos (10 %), 6–10 anos (20 %), >10 anos (70%)	-
Uso prévio de TIC no ensino/aprendizagem	Sim (63%), Não (37%)	-
Posse de smartphone	Não avaliado	A maioria utilizou <i>smartphone</i> próprio; demais usaram a versão web nos tablets da escola
Participação na intervenção	Avaliação do protótipo (on-line)	Revisão teórica, exercícios e uso do ISOQUIIF
Critério de amostragem	Conveniência (convite aberto)	Conveniência (turmas selecionadas pelas escolas)

Fonte: Autores.

Criação do protótipo do ISOQUIIF



O intuito do protótipo foi apresentar o aplicativo, ainda em fase de concepção, de maneira objetiva e funcional aos docentes de química. Dessa forma, eles poderiam avaliar, com maior embasamento, a necessidade dessa nova ferramenta tecnológica e propor funcionalidades não previstas inicialmente.

O programa de prototipagem utilizado foi o *Figma*. Essa ferramenta possibilita a construção de protótipos interativos que permitem aos usuários navegar pelas diferentes páginas do aplicativo por meio de cliques e gestos na tela, replicando a experiência de um aplicativo real.

Feedback dos professores sobre o protótipo do ISOQUIIF

Após a criação do protótipo do ISOQUIIF, foram enviados por e-mail aos professores de Química de diferentes regiões do Brasil os *links* para o protótipo e para um vídeo de demonstração. Dessa forma, esses docentes puderam conhecer o ISOQUIIF e, com base nisso, validar a proposta do aplicativo e oferecer sugestões visando o aprimoramento da ferramenta. A coleta de dados foi realizada por meio de um formulário no *Google Forms*, o qual consistiu em 14 questões (sendo 12 objetivas e 2 discursivas) (ver em apêndice). Após a conclusão da coleta de dados, gráficos foram elaborados no Microsoft Excel para facilitar a análise e interpretação dos resultados da pesquisa.



Desenvolvimento do aplicativo ISOQUIIF

O desenvolvimento do ISOQUIIF foi realizado em três etapas distintas e sequenciais, conforme descrito a seguir.

1. Extração de dados e construção do banco de dados. Essa etapa começou com a definição dos isômeros a serem abrangidos pelo aplicativo. Para isso, foi elaborada uma lista com mais de 120 fórmulas moleculares que são amplamente utilizadas na química orgânica e apresentam o fenômeno de isomeria. Em seguida, foram desenvolvidos diversos *scripts* na linguagem de programação *JavaScript* para automatizar a extração de informações da *PubChem*, uma base de dados química mantida pelo *National Institutes of Health* dos Estados Unidos. Essa extração foi facilitada pelo fato da *PubChem* disponibilizar gratuitamente uma *Application Programming Interface* (API). Reddy (2011) define API como uma interface que facilita a comunicação e integração entre programas de computador. Nesse sentido, a API da *PubChem* possibilita o acesso automatizado e estruturado a dados químicos, como informações sobre compostos, elementos químicos e propriedades moleculares. Assim sendo, o uso dessa API tornou a extração de dados deste projeto significativamente mais eficiente em comparação com abordagens manuais ou outras técnicas automatizadas, como o *web scraping*. Após a conclusão da extração, os dados foram armazenados em um arquivo no formato *JavaScript Object Notation* (JSON). Essa abordagem foi preferida em vez do uso de um banco de dados tradicional, como *SQLite* ou *MongoDB*, devido à natureza do aplicativo, que se restringe a operações de leitura, sem demandar criação, edição ou exclusão de dados. Nesse contexto, a utilização de uma solução de banco de dados mais robusta foi considerada excessivamente complexa e desnecessária.

2. Geração de imagens das representações gráficas dos isômeros. Essa etapa consistiu na geração de três tipos de representações gráficas — fórmula estrutural, fórmula esquelética e modelo 3D — para cada isômero armazenado no banco de dados. A *Web* aplicação *MolView* foi utilizada para esse propósito. Essa ferramenta utiliza o *InChIKey* como entrada para a geração das representações gráficas de compostos químicos, sendo esse identificador um dos dados coletados para cada isômero durante a extração de dados conduzida anteriormente. Uma vez que o *MolView* não disponibiliza uma API, a automação dessa etapa foi implementada por meio de *Web Scraping*. O *Web Scraping* é uma técnica amplamente utilizada na ausência de uma API, possibilitando a extração sistemática de dados por meio da automação da navegação na *Web* (GLEZ-PEÑA et al., 2014). Nesse contexto, foi desenvolvido um *script* em *JavaScript* com o uso da biblioteca de *Web Scraping Puppeteer*, para automatizar a geração e o *download* das imagens na aplicação *MolView*.
3. Desenvolvimento do aplicativo. Nessa fase, ocorreu o desenvolvimento do aplicativo propriamente dito, incorporando o banco de dados e as imagens geradas nas etapas anteriores. O *framework React Native* foi adotado devido à sua capacidade de viabilizar o desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma compatível com *Android* e *Web* e à experiência prévia do desenvolvedor com a tecnologia.



Ao término dessas três etapas de desenvolvimento, a primeira versão do ISOQUIIF foi concluída e estava pronta para ser submetida à validação por meio de testes com usuários.

Intervenção em sala de aula com o ISOQUIIF

Para validar o aplicativo ISOQUIIF como ferramenta de apoio ao ensino da isomeria química, foi conduzida uma intervenção pedagógica em duas escolas públicas de ensino médio (escolas A e B) localizadas no estado de Goiás.

A pesquisa não foi submetida à aprovação de um Comitê de Ética, pois não expôs os participantes a qualquer risco físico, psicológico ou social, e também não envolveu a coleta de dados sensíveis que pudessem causar constrangimento. Essa decisão encontra-se em conformidade com a Resolução CNS n.º 510/2016, que dispensa o registro no sistema CEP/CONEP para pesquisas que utilizam dados não identificáveis. Ademais, em ambos os formulários utilizados na pesquisa, uma caixa de seleção foi utilizada para que o participante confirmasse ter lido e concordado com o termo de consentimento: "Informamos que todos os dados coletados serão tratados de acordo com as normas de ética em pesquisa, incluindo a anonimização das respostas para assegurar a privacidade e a confidencialidade dos participantes. Ao prosseguir, você autoriza o uso dos dados coletados." Na escola A, a intervenção foi realizada com uma turma composta por 30 estudantes da terceira série do ensino médio. Na escola B, a intervenção envolveu duas turmas, cada uma com 20 alunos, também pertencentes à terceira série do ensino médio. Portanto, a intervenção envolveu um total de 70 estudantes. A intervenção teve duração total de 100 minutos por turma (duas aulas de 50 minutos), sendo:

- 20 min: revisão teórica sobre isomeria;
- 25 min: resolução de exercício em formato tradicional;

- 15 min: instrução e familiarização com o ISOQUIIF;
- 25 min: resolução do mesmo exercício utilizando a busca do aplicativo;
- 15 min: *quiz* aplicado no ISOQUIIF.

Durante a intervenção, a teoria sobre isomeria foi revisada e, em sequência, um exercício foi realizado de maneira convencional, com o uso de lousa, pincel e projetor de slides. Em seguida, o mesmo exercício foi repetido, desta vez utilizando a funcionalidade de busca do ISOQUIIF. Por fim, outro exercício foi aplicado por meio da funcionalidade de *quiz* do aplicativo. É importante salientar que os participantes que possuíam *smartphones Android* utilizaram a versão nativa do aplicativo, enquanto os demais testaram a versão *web*.

Feedback dos alunos sobre o ISOQUIIF

Ao introduzir uma ferramenta tecnológica, é essencial considerar a Experiência do Usuário (*UX*, na sigla em inglês), uma vez que esse conceito está diretamente relacionado à aceitação e adoção da tecnologia pelos usuários. De acordo com ISO (2018), a *UX* diz respeito à maneira como os usuários percebem e respondem a um produto; trata-se de um conceito amplo que abrange aspectos como usabilidade, design visual e o nível de satisfação proporcionado pela solução. A avaliação da *UX* proporcionada por um sistema é realizada por meio de testes com usuários, que geralmente envolvem a aplicação de questionários padronizados para a coleta de dados (RIIHIAHO, 2018).

Tendo isso em vista, após as intervenções educacionais, os estudantes foram convidados a responder um formulário do *Google Forms* (ver em apêndice) para avaliar o aplicativo. Foram selecionados três questionários padronizados para compor o formulário, cada um direcionado à avaliação de um aspecto específico da *UX*. A seguir, apresenta-se uma breve descrição de cada um desses questionários.

- Escala de Usabilidade de Sistema (*SUS*, na sigla em inglês). Essa ferramenta é amplamente utilizada para avaliar a usabilidade, um aspecto crucial da *UX* que se refere à eficácia e eficiência com que os usuários atingem seus objetivos ao interagir com um sistema. Nesse sentido, a *SUS* é composta por 10 itens avaliados pelos respondentes em uma escala *Likert* de cinco pontos, gerando uma pontuação final em uma escala de 100, que representa o nível de usabilidade do sistema (LOURENÇO; CARMONA; LOPES, 2022).
- Inventário de Estética Visual de Sites (*VisAWI*, na sigla em inglês). Essa ferramenta foi originalmente desenvolvida para validar o *design* visual de sites, no entanto, pode ser utilizada na avaliação de outros tipos de aplicativos sem a necessidade de adaptações. Em Moshagen e Thielsch (2013), os autores apresentaram e validaram uma versão reduzida do *VisAWI*, composta por quatro itens, avaliados em uma escala *Likert* de sete pontos, em contraste com os 18 itens do questionário original. O objetivo dessa adaptação, denominada *VisAWI-S*, é oferecer uma alternativa viável para situações em que os testes com os usuários apresentam restrições de tempo.
- Modelo de Aceitação de Tecnologia - Utilidade Percebida (*TAM-PU*, na sigla em inglês). O *TAM* é uma teoria do campo de Sistemas de Informação que é utilizada para compreender



os fatores que influenciam a aceitação e o uso de uma tecnologia. De acordo com esse modelo, a utilidade percebida é um dos fatores essenciais para a adoção de uma ferramenta tecnológica. Nesse contexto, Davis (1989) propôs o questionário *TAM-PU*, composto por seis itens avaliados em uma escala Likert de cinco pontos, com o objetivo de mensurar a utilidade percebida de um produto tecnológico. Os instrumentos utilizados foram anexados como Apêndice, contendo:

- Questionário para o aluno (29 itens; 27 objetivos e 3 discursivos);
- SUS (10 itens; escala Likert 5 pontos);
- VisAWI-S (4 itens; Likert 7 pontos);
- TAM-PU (6 itens; Likert 5 pontos).

Além das três ferramentas padronizadas, o formulário incluiu também um termo de consentimento para o uso dos dados em conformidade com as normas éticas de pesquisa acadêmica, campos para a coleta de dados demográficos e uma seção discursiva, na qual os participantes podiam relatar problemas encontrados durante o teste e sugerir novas funcionalidades. A análise dos dados foi descritiva com o intuito de analisar estatisticamente as principais características e contribuições denotadas nas dimensões dos *feedbacks* dos professores e alunos. Neste sentido, após a conclusão da coleta de dados, gráficos foram elaborados no *Microsoft Excel* com base nas respostas fornecidas pelos estudantes, com o intuito de facilitar a análise e interpretação dos resultados da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Busca de trabalhos acadêmicos

A busca ativa de trabalhos acadêmicos na plataforma Google Acadêmico foi conduzida com o objetivo de obter informações quantitativas sobre o crescimento de publicações que discutem e utilizam softwares educacionais no ensino de química. A pesquisa foi realizada utilizando dois filtros principais: o primeiro consistiu na inserção das palavras-chave "ensino", "química" e "software". O segundo filtro aplicado foi a segmentação temporal, abrangendo as décadas de 1980 a 1990, 1990 a 2000, 2000 a 2010, 2010 a 2020 e 2020 a 2024. A mesma busca foi replicada utilizando as palavras traduzidas para o inglês: "*teaching*", "*chemical*" e "*software*". Os dados obtidos foram tratados e organizados no gráfico apresentado na Figura 2.

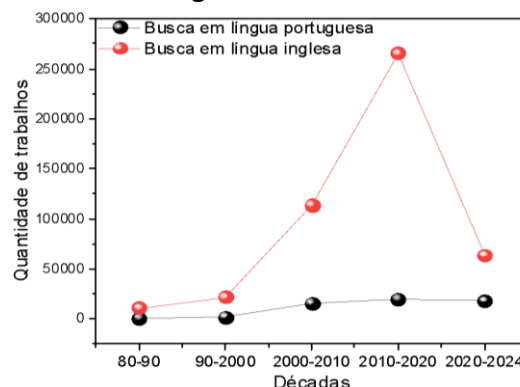


Figura 2 - Gráfico da quantidade de trabalhos acadêmicos em função da busca das palavras-chaves em português (ensino, química e software) e inglês (*teaching*, *chemical* e *software*).

Fonte: Autores.

Conforme apresentado na Figura 2, utilizando as palavras-chave em português, foram identificados apenas 111 artigos na década de 1980. Na década de 1990, esse número aumentou para 1.270 trabalhos, alcançando um total de 1.940 na década de 2010 a 2020. O avanço tecnológico observado entre a década de 1980 e a atual já sugeria um crescimento linear no número de publicações (linha preta). No entanto, ao realizar a busca com as palavras-chave em inglês, o crescimento do número de trabalhos acadêmicos apresentou um comportamento exponencial (linha vermelha). Esse aumento atingiu seu ápice na década de 2010 a 2020, muito provavelmente influenciado pelo avanço das tecnologias e pela necessidade de inovação tecnológica no ensino, intensificada pela pandemia da COVID-19 (SOUZA, 2021). Apesar desse crescimento, a capacidade de inovação no ensino de química ainda enfrenta obstáculos, como a falta de conhecimento técnico por parte de alguns docentes e alunos, além da ausência de suporte tecnológico adequado nas escolas. Ainda assim, conforme apontam Ferreira et al. (2019), o uso de TIC no ensino promove uma aprendizagem significativa, diversificada e evolutiva para os educandos.

Desenvolvimento do aplicativo ISOQUIIF

O protótipo construído para avaliação por docentes foi composto por quatro páginas, estruturadas de modo sequencial, permitindo ao usuário navegar de maneira lógica e progressiva, iniciando pela busca da fórmula molecular e avançando até a obtenção de informações detalhadas sobre os seus isômeros e elementos constituintes. A seguir, apresenta-se uma breve descrição das páginas do protótipo, seguida pelas respectivas capturas de tela na Figura 3.

1. Busca por fórmula molecular. Nessa página inicial, o usuário selecionava uma fórmula molecular específica para iniciar o processo.
2. Listagem de isômeros. Exibia os isômeros correspondentes à fórmula molecular selecionada na página anterior. O usuário podia escolher um isômero para acessar mais detalhes.
3. Detalhamento do isômero. Fornecia informações detalhadas sobre o isômero selecionado, incluindo propriedades químicas, fórmula estrutural e fórmula esquelética.
4. Detalhamento do elemento químico. Apresentava informações específicas sobre um elemento químico da fórmula molecular do isômero, acessada ao clicar no elemento correspondente na página anterior.

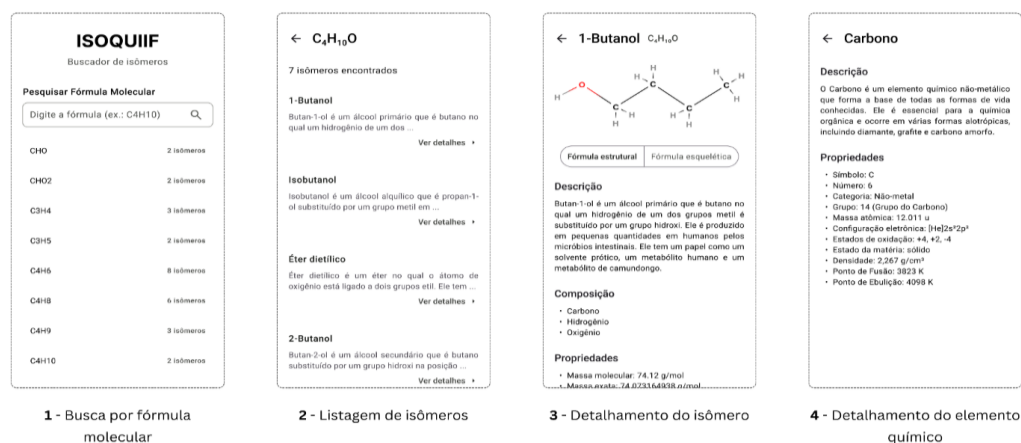


Figura 3 - As páginas do protótipo do aplicativo ISOQUIIF.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao todo, 16 professores de todas as regiões do Brasil, com exceção da região Sul, responderam ao formulário do *Google Forms*¹. Os resultados indicaram que os docentes consideraram a ferramenta proposta pertinente, destacando sua relevância, e apontaram a necessidade de duas funcionalidades adicionais que não haviam sido previstas no protótipo: a visualização tridimensional de isômeros e a inclusão de questionários interativos.

Como mencionado anteriormente, oito itens do formulário geraram respostas relevantes. Para os itens 1 e 2, foi elaborado um gráfico de três eixos, conforme ilustrado na Figura 4. Neste gráfico, os resultados referentes ao item 1 estão representados pela cor preta, indicando que 70% dos docentes possuem mais de 10 anos de experiência na docência, 20% atuam entre 6 e 10 anos, e 10% têm até 5 anos de experiência. Por sua vez, os resultados do item 2, apresentados na cor vermelha, demonstram que 70% dos docentes atuam no ensino médio, enquanto 30% lecionam no ensino superior. Esses dados são relevantes, pois evidenciam que a amostra é composta por professores com vasta experiência no ensino de química e abrange docentes de dois níveis distintos da educação, o que contribui para a confiabilidade dos resultados.

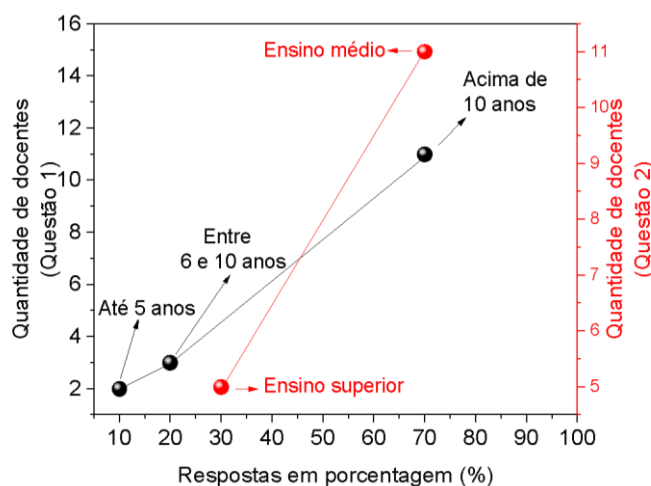


Figura 4 - Respostas referentes à questão 1 (cor preta) e à questão 2 (cor vermelha).

Fonte: Autores.

Outros dados relevantes para a validação do ISOQUIIF referem-se ao uso das TIC para apoiar o processo de ensino e aprendizagem da isomeria na química orgânica (itens 3 e 4) e à percepção sobre a necessidade de um novo aplicativo específico para esse fim (item 5). Dos 16 professores, 63% afirmaram adotar as TIC no ensino da isomeria, enquanto 100% consideraram relevante o desenvolvimento de uma ferramenta educacional exclusiva para o ensino desse conteúdo. Ademais, a relevância de uma nova ferramenta é corroborada pelas TIC atualmente utilizadas pelos respondentes (item 4), que se concentram em softwares para visualização e modelagem de moléculas, como o *PhET Interactive Simulations* e o *ChemDraw*, além de ferramentas educacionais de uso geral, como o *Kahoot*. Esses recursos, embora úteis, não são exclusivos para o ensino da isomeria química.

Os itens subsequentes centraram-se em determinar o grau de importância atribuído pelos respondentes a potenciais funcionalidades do ISOQUIIF. As respostas revelaram que os

¹ A planilha das respostas está acessível on-line no link <https://tinyurl.com/5n7a4h2s>.

participantes consideram de grande relevância o funcionamento *off-line* do aplicativo (item 6) e a adição de uma funcionalidade de *quiz* de múltipla escolha com correção automática (item 7). Em relação ao item 6, as respostas refletem a realidade de escolas com dificuldades de acesso à internet. Nesse contexto, destaca-se a importância de possibilitar o uso do aplicativo por alunos de baixa renda, que frequentemente não dispõem de conexão à internet em seus smartphones, o que constitui uma barreira para a implementação das TIC no ensino básico.

Por fim, o item 8 consistiu em um campo discursivo que incentivou os docentes a sugerirem outras funcionalidades não contempladas no protótipo ou mencionadas nos itens anteriores. As respostas fornecidas para esse item estão listadas a seguir.

1. *Modelos moleculares tridimensionais.*
2. *Achei sensacional o projeto e já quero aplicar nas minhas aulas.*
3. *Jogos didáticos, testes.*
4. *Geometria molecular em 3D para facilitar o entendimento do discente.*
5. *Uma relação prática com o aplicativo.*
6. *Sugiro incluir os graus de rotação das moléculas, bem como suas orientações espaciais. Se puder, os ângulos de ligação que podem mostrar que essas se apresentam em 3D. Muitos alunos têm dificuldade de entender isomeria porque não conseguem visualizar essas moléculas da forma correta. Portanto, o uso dessas TIC é muito importante para o referido conteúdo.*
7. *Rapidez.*
8. *Acredito que usar o aplicativo off-line seja o mais importante, nem sempre é possível usar a internet da escola.*
9. *Dizer o tipo de isomeria plana (cadeia, posição, função e etc) ou espacial de uma determinada estrutura.*
10. *Fácil manuseio, eficiente, prático.*
11. *O aplicativo poderia incluir a estrutura tridimensional desses isômeros.*
12. *Todas as funcionalidades citadas anteriormente já satisfazem o que acho necessário para a aprendizagem sobre isomeria.*
13. *No momento, não consigo pensar em algo. Considero as propostas anteriores muito pertinentes e importantes.*
14. *Os alunos podem verificar o seu desempenho durante a aula e após (quer seja uma aula, ou mais).*
15. *Descrevendo pelo vídeo, acho que pode ser incluída a visualização 3D dos isômeros para observar a diferença dos ligantes no carbono quiral.*
16. *Visualização de isômeros espaciais.*

Muitas das respostas indicaram que os docentes consideraram as funcionalidades planejadas suficientes e, por isso, não foram capazes de identificar funcionalidades adicionais. Outras respostas enfatizaram a relevância de funcionalidades previamente mencionadas, como o *quiz* e o funcionamento *off-line*, além de atributos de qualidade, como desempenho e facilidade de uso. No que diz respeito às funcionalidades não contempladas ou abordadas em outros itens, a

visualização do modelo 3D de isômeros destacou-se como a mais mencionada, sendo citada em seis respostas.

O *feedback* dos professores sobre o protótipo evidenciou a importância dos recursos de visualização tridimensional de isômeros, funcionamento *off-line* e questionários interativos. Em decorrência disso, essas funcionalidades foram incluídas ao escopo de desenvolvimento da versão inicial do aplicativo, juntamente com aquelas previamente delineadas no protótipo.

O desenvolvimento do ISOQUIIF foi executado e resultou em um aplicativo organizado em duas seções principais: o buscador e o *quiz*. A seção do buscador compreende as quatro páginas previamente projetadas no protótipo. A única alteração realizada foi a inclusão de um modelo 3D na página de detalhamento do isômero. Na Figura 5, estão apresentadas as capturas de tela dessas páginas.

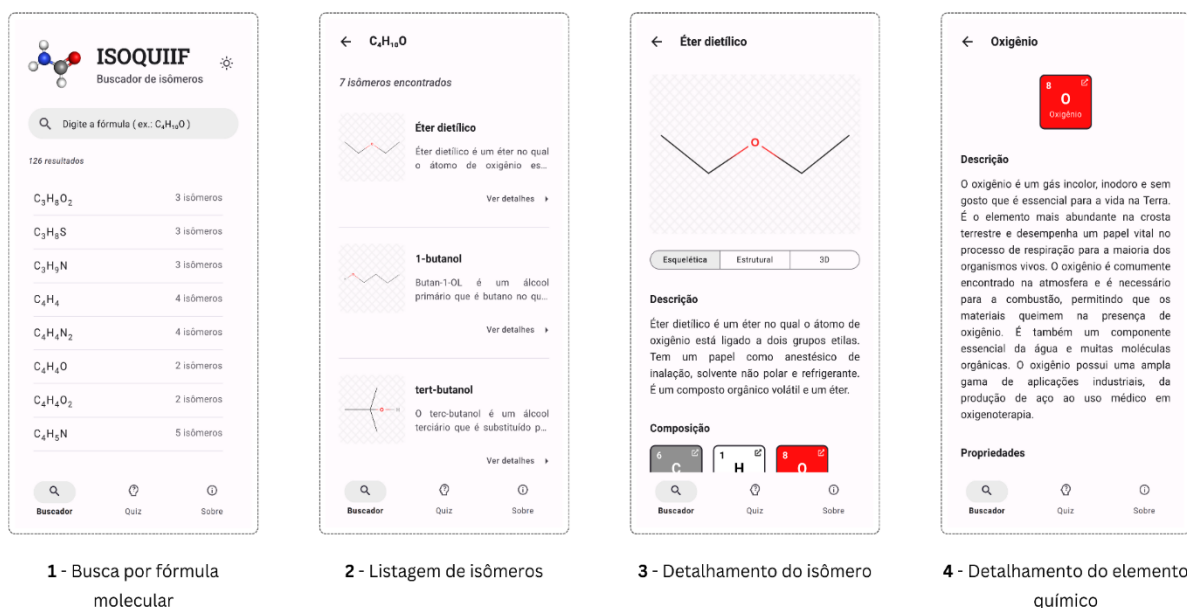


Figura 5 - As páginas da seção de buscador do aplicativo ISOQUIIF.

Fonte: Dados da pesquisa.

A seção de *quiz*, não contemplada no protótipo do aplicativo, foi implementada em resposta ao expressivo interesse demonstrado pelos docentes que participaram da pesquisa de validação do protótipo. Nesta versão inicial do aplicativo, implementou-se apenas um tipo de *quiz*, no qual o usuário deve listar os nomes dos isômeros de uma fórmula molecular. Essa seção consiste em um total de três páginas. A seguir, apresenta-se uma breve descrição dessas páginas, seguida pelas respectivas capturas de tela na Figura 6.

1. Criação do *quiz*. Nessa página, o usuário seleciona as fórmulas moleculares que comporão o quiz. Após finalizar a configuração, é possível escolher entre respondê-lo ou compartilhá-lo com terceiros, possibilitando que estes o respondam.
2. Preenchimento das respostas. Nessa página, o usuário deve nomear os isômeros da fórmula molecular solicitada. Caso o *quiz* seja composto por múltiplas fórmulas moleculares, cada fórmula é apresentada individualmente, uma de cada vez.

3. Exibição dos resultados. É exibido se cada um dos nomes de isômeros inseridos está correto ou incorreto, além do total de isômeros para cada fórmula molecular e a quantidade acertada pelo usuário.

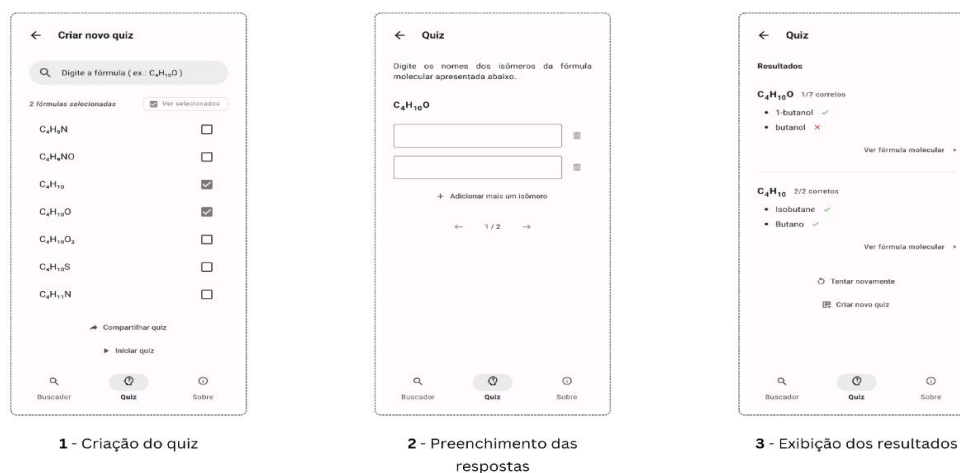


Figura 6 - As páginas da seção de *quiz* do aplicativo ISOQUIIF.

Fonte: Dados da pesquisa.

O ISOQUIIF é multiplataforma e está disponível tanto na forma de um aplicativo nativo para dispositivos Android² quanto como uma aplicação web³. A versão web pode ser acessada através de qualquer tipo de dispositivo que possua um navegador web, sem a necessidade de download prévio. Em contrapartida, a versão para Android precisa ser baixada antes de ser utilizada, mas, uma vez instalada, não requer conexão com a internet. Com exceção dessas diferenças, o aplicativo é basicamente idêntico em ambas as plataformas, proporcionando uma experiência uniforme em termos de aparência e funcionalidades. Ademais, é importante ressaltar que o software, incluindo seu banco de dados, encontra-se registrado e possui código fechado.

Intervenção em sala de aula e *feedback* dos alunos

Conforme mencionado anteriormente, a intervenção incluiu a revisão da teoria sobre isomeria, seguida da realização de um exercício com materiais convencionais e, posteriormente, a introdução do ISOQUIIF como ferramenta tecnológica de apoio ao ensino e aprendizagem. Dos 70 alunos que participaram da intervenção, 48 responderam ao formulário. Conforme mencionado anteriormente, os seguintes aspectos da UX foram avaliados: usabilidade, por meio do questionário SUS; design visual, através do VisAWI; e percepção de utilidade, avaliada pelo TAM-PU. A pontuação SUS é expressa em uma escala de 100, enquanto as pontuações dos outros dois questionários foram normalizadas por meio da técnica de min-max para uniformizar a apresentação dos resultados. A Figura 7 apresenta as médias e medianas das pontuações relativas aos três aspectos avaliados.

² Disponível para download no link <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gusalbukrk.isoquif>.

³ Acessível on-line no link <https://gusalbukrk.github.io/isoquif>.

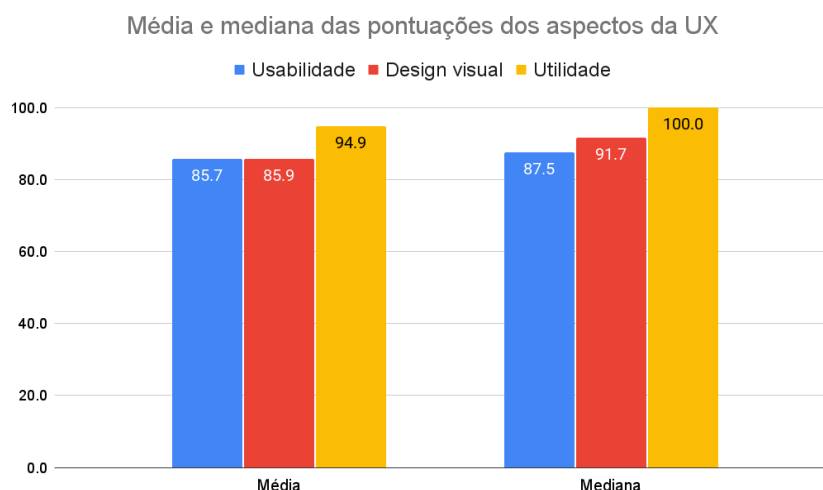


Figura 7 - As pontuações médias dos aspectos da UX do ISOQUIIF.

Fonte: Autores.

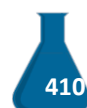
Conforme observado na Figura 7, as pontuações médias e medianas obtidas foram, respectivamente, 85 e 87 para usabilidade, 85 e 91 para *design* visual e 94 e 100 para utilidade. A modesta discrepância entre as médias e medianas sugere que, embora a maioria das avaliações seja elevada, algumas pontuações mais baixas reduziram levemente a média, sem, contudo, afetar de forma significativa a tendência geral, representada pelas medianas mais altas. Essas pontuações indicam que o ISOQUIIF proporciona uma UX bastante satisfatória.

Além dos questionários padronizados, o formulário incluiu uma seção discursiva que permitiu aos participantes relatar problemas identificados durante o teste e sugerir novas funcionalidades. No item que solicitava a descrição de defeitos identificados, 36 alunos (75%) declararam não ter observado problemas durante o uso do aplicativo, enquanto dois (4%) forneceram respostas incompreensíveis. Entre as 10 respostas (21%) que apontaram problemas ou inconsistências, oito destacaram exclusivamente o fato de alguns nomes de isômeros estarem em inglês. Essa situação decorreu de falhas pontuais no processo de tradução automática conduzido durante a extração e transformação de dados, as quais já foram devidamente corrigidas. No item destinado a sugestões de novas funcionalidades, 16 alunos (33%) declararam não ter sugestões a oferecer, 20 (42%) deixaram o campo em branco ou forneceram respostas incompreensíveis, e 12 (25%) apresentaram sugestões concretas. Apenas duas funcionalidades foram mencionadas em múltiplas respostas: a possibilidade de favoritar isômeros e a visualização interativa em 3D, cada uma delas citada três vezes. Uma sugestão apresentada por apenas um respondente, mas relevante, é a inclusão da funcionalidade de busca de isômeros pelo nome, em vez de restringir a pesquisa exclusivamente às fórmulas moleculares.

Considerando as pontuações obtidas para os aspectos da UX, a ausência de relatos de problemas significativos e a limitada quantidade de sugestões para novas funcionalidades, com diversos respondentes afirmando que o aplicativo já contempla todas as funcionalidades necessárias, conclui-se que o ISOQUIIF está pronto para utilização no ensino e aprendizagem da isomeria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca ativa por trabalhos acadêmicos utilizando palavras-chave em português e inglês revelou um crescimento exponencial no uso de TIC no ensino de química, especialmente no período compreendido entre 2010 e 2020. A criação do protótipo e sua validação, por meio de uma pesquisa realizada com docentes, foram essenciais para validar a relevância do projeto. Ademais, o feedback obtido nessa avaliação contribuiu para orientar o desenvolvimento de um produto alinhado às demandas do ensino e aprendizagem de isomeria, cuja execução foi iniciada logo em seguida. Durante a elaboração do banco de dados, foram utilizadas ferramentas que permitiram a automatização dos processos de extração e transformação de dados, simplificando de maneira significativa o trabalho, que, de outra forma, seria consideravelmente mais oneroso. O desenvolvimento da primeira versão do ISOQUIIF foi concluído com êxito, resultando em um software multiplataforma compatível tanto com *Android* quanto com a *Web*. Essa abordagem é vantajosa, pois amplia o alcance do aplicativo ao possibilitar o acesso dos usuários a partir de diferentes dispositivos. Por fim, o *feedback* obtido na intervenção com estudantes atestou a qualidade e a adequação do aplicativo, evidenciando uma *UX* altamente satisfatória, a ausência de relatos de problemas significativos e a limitada quantidade de sugestões para novas funcionalidades. Considerando todos esses resultados obtidos ao longo do trabalho, conclui-se que o objetivo de criar um novo software para o ensino de isomeria foi alcançado com êxito e, por conseguinte, o aplicativo já se encontra disponível para o público.



No que tange a trabalhos futuros, uma direção bastante evidente consiste no desenvolvimento de uma nova versão do ISOQUIIF, incorporando funcionalidades ainda não implementadas, mas identificadas como relevantes com base nos resultados das pesquisas conduzidas com professores e alunos. Dentre essas funcionalidades, destacam-se a visualização 3D interativa, o recurso de favoritar isômeros e o aperfeiçoamento do criador de *quiz*. Além disso, esforços futuros podem ser direcionados à ampliação do escopo do ISOQUIIF, que atualmente se limita à isomeria plana da química orgânica, mas que pode ser aprimorado para abranger outros tipos de isômeros. Por último, destaca-se o potencial do uso de bases de dados químicos, como a *PubChem*, enquanto fonte confiável de informações para o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas educativas, conforme exemplificado no presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos aos professores e estudantes que participaram das pesquisas, bem como aos docentes que contribuíram para a realização das intervenções em sala de aula. Manifestamos também nosso agradecimento ao Edital nº 02 de 25 de janeiro de 2024, edital de fluxo contínuo para seleção de programas e projetos de extensão - Edital de Fluxo Extensão Contínuo/IF Goiano/PROEX.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a base. Brasília-DF: MEC, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**. Ensino Médio. Brasília, DF: MEC/SETEC, 2000.

- CARRIELLO, G. M. MARINHO, A. A. S.; GUANÃBENS, P. F. S. Atividades lúdicas no Ensino Médio: uma revisão na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. **Cadernos UniFOA**, v. 18, n. 52, 2023.
- DAVIS, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology. **MIS quarterly**, 1989.
- FERREIRA, M. P. et al. Ferramentas Tecnológicas Disponíveis Gratuitamente para Uso no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Quim.**, v. 11, n. 3, 2019.
- FERREIRA, W. D. S. et al. Análise da Aplicação do Software Educacional: Avogadro como Ferramenta Didática no Ensino de Química. **International Journal Education and Teaching**, p. 52-67, 2021.
- GLEZ-PEÑA, D. et al. Web scraping technologies in an API world. **Briefings in bioinformatics**, v. 15, 2013.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 9241-11:2018** – Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts. 2018.
- LOURENÇO, D. F.; CARMONA, E. V.; LOPES, M. H. B. M. Translation and cross-cultural adaptation of the System Usability Scale to Brazilian Portuguese. **Aquichan**, v. 22, n. 2, 2022.
- MATOS, L. **Plano de criação de projetos de inclusão de meninas nas áreas científico-tecnológicas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Produção). Universidade de Brasília.
- MOSHAGEN, M; THIELSCH, M. A short version of the visual aesthetics of websites inventory. **Behaviour & Information Technology**, v. 32, n. 12, p. 1305-1311, 2013.
- PACHECO, A; COSTA, H. R. **Jogos digitais e aprendizagem em química**: Uma análise a partir da revisão sistemática da literatura. 2023.
- PATRICIO, P. R. et al. Realidade Aumentada no Ensino de Química Orgânica: uma Abordagem Imersiva e Interativa para o Ensino de Isomeria Plana e Espacial. **Rev. Virtual Quim.**, 2024, no prelo, 1-8.
- 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 aprendizagem da química orgânica. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2022.
- RIIHIAHO, S. Usability testing. **The Wiley handbook of human computer interaction**, v. 1, p. 255-275, 2018.
- SAGICA, M. M. et al. Analisando o aprendizado de isomeria com o “KingDraw Chemistry Station”: um editor de desenho para o ensino de química. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v. 8, n. 3, p. 175-193, 2024.
- SILVA, A. K. A. et al. Aulas práticas experimentais de bioquímica para o Ensino Médio e o seu papel no protagonismo estudantil. **Com a Palavra, o Professor**, v. 8, n. 21, p.195-210, 2023.
- SOUZA, M. S.; PEDRO, N. S. G.; COLLING, J. O uso das TIC no ensino remoto: uma revisão de literatura. **Revista Espaço do Currículo**, v. 16, n. 2, p. 18-33, 2023.
- SOUZA, L. D. Tecnologias digitais no ensino de química: uma breve revisão das categorias e ferramentas disponíveis. **Rev. Virtual Quim**, v. 13, n. 3, p. 713-746, 2021.
- XAVIER, B. D.; MELLO, D. A. A. Jogos, gamificação e ensino médio sob a perspectiva histórico-cultural: uma revisão de teses e dissertações de 2015 a 2020. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 6, n. 2, p. 67-89, 2022.



RESUMO

Este trabalho apresenta o ISOQUIIF, um software educacional gratuito criado para aprimorar o processo de ensino e aprendizagem de isomeria química. Inicialmente, foi elaborado um protótipo e conduzida uma pesquisa com 16 docentes de química, visando validar a ferramenta proposta e coletar sugestões de melhorias. Após a validação da proposta e a incorporação das sugestões ao escopo do projeto, o desenvolvimento foi iniciado. O banco de dados de isômeros foi desenvolvido mediante a extração automática de dados da base PubChem. O produto final consistiu em um aplicativo multiplataforma, disponível para Android e web. Para avaliar a ferramenta, foi realizada uma intervenção

em sala de aula com a participação de 70 estudantes do ensino médio, seguida por uma pesquisa para a coleta de dados. Os resultados evidenciaram que o ISOQUIIF oferece uma UX altamente satisfatória e é útil para o estudo de isomeria.

Palavras-chave: Ensino de Química; Software educacional.

RESUMEN

Este trabajo presenta ISOQUIIF, un software educativo gratuito creado para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la isomería química. Inicialmente, se desarrolló un prototipo y se realizó una encuesta a 16 profesores de química con el objetivo de validar la herramienta propuesta y recopilar sugerencias de mejora. Tras validar la propuesta e incorporar las sugerencias al alcance del proyecto, se inició el desarrollo. La base de datos de isómeros se creó mediante la extracción automática de datos de la base de datos PubChem. El producto final consistió en una aplicación multiplataforma disponible para Android y web. Para evaluar la herramienta, se llevó a cabo una intervención en el aula con la participación de 70 estudiantes de secundaria, seguida de una encuesta para la recopilación de datos. Los resultados mostraron que ISOQUIIF ofrece una UX altamente satisfactoria y es útil para el estudio de la isomería.

Palabras clave: Enseñanza de Química; Software educativo.



Apêndice

Questionário 1 — Coleta do *feedback* dos professores sobre o protótipo

"Informamos que todos os dados coletados serão tratados de acordo com as normas de ética em pesquisa, incluindo a anonimização das respostas para assegurar a privacidade e a confidencialidade dos participantes. Ao prosseguir, você autoriza o uso dos dados coletados."

Seção 1 — Dados demográficos e de experiência profissional

1. Qual o seu gênero?
☐ Feminino ☐ Masculino
2. Qual a sua idade?
3. Qual a sua ocupação profissional?
☐ Professor de Química ☐ Outro (especifique)
4. Há quantos anos você leciona aulas de Química?
☐ Há 5 anos ou menos ☐ Entre 6 e 10 anos ☐ Há mais de 10 anos
5. Para qual nível(is) de formação acadêmica você leciona aulas de Química?
☐ Ensino Fundamental ☐ Ensino Médio ☐ Ensino Superior
6. Você lecionou recentemente o conteúdo de isomeria para turmas do Ensino Médio?
☐ Sim ☐ Não

Seção 2 — Experiências no Ensino de Isomeria

1. Você utiliza e/ou estimula os seus alunos a utilizarem alguma tecnologia (website, aplicativo, etc.) no processo de ensino e aprendizagem de isomeria?
☐ Sim ☐ Não
2. Justifique sua resposta à pergunta anterior. Caso sua resposta tenha sido "Sim", por favor, liste todas as tecnologias usadas e concisamente diga de que forma tal tecnologia é utilizada. Caso sua resposta tenha sido "Não", explique o porquê de não utilizar nenhuma tecnologia.

3. Você considera que a criação de um aplicativo dedicado exclusivamente ao ensino de isomeria é uma proposta pertinente, ou acredita que as ferramentas atualmente disponíveis já são suficientes para abordar esse conteúdo de maneira eficaz?

- () A criação de um novo aplicativo é uma proposta pertinente
- () Não considero necessária a criação de uma nova ferramenta

Seção 3 — Levantamento de requisitos para o aplicativo ISOQUIF

Os itens 1–4 desta seção utilizaram uma escala de 1 (pouco importante) a 5 (muito importante).

1. Qual é o grau de importância de uma funcionalidade que permita ao usuário buscar uma fórmula molecular e receber uma lista de todos os isômeros correspondentes?
2. Qual é o grau de importância de uma funcionalidade que permita ao usuário visualizar informações gerais (nome, descrição, fórmula estrutural, fórmula em bastão) de um isômero específico?
3. Qual é o grau de importância de uma funcionalidade de *quiz* que disponibiliza aos estudantes questões de múltipla escolha com correção automática, visando reforçar o aprendizado de isomeria?
4. Qual é o grau de importância de uma funcionalidade que possibilite que o aplicativo possa ser usado mesmo quando o smartphone não está conectado à internet?
5. Sugira outras funcionalidades que você considera importantes para serem incluídas no aplicativo. Para cada sugestão, descreva sucintamente a funcionalidade e dê uma nota de 1 a 5 indicando a importância da funcionalidade.



Questionário 2 — Coleta do *feedback* dos alunos sobre o aplicativo

"Informamos que todos os dados coletados serão tratados de acordo com as normas de ética em pesquisa, incluindo a anonimização das respostas para assegurar a privacidade e a confidencialidade dos participantes. Ao prosseguir, você autoriza o uso dos dados coletados."

Seção 1 — Dados demográficos

1. Qual o seu gênero?
- () Feminino () Masculino
2. Qual a sua idade?
 3. Qual ano do ensino médio você está cursando atualmente?
- () 1º ano () 2º ano () 3º ano

Seção 2 — Avaliação de usabilidade através do questionário SUS (System Usability Scale)

Os itens desta seção utilizaram uma escala de 1 (discordo fortemente) a 5 (concordo fortemente).

1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema frequentemente.
2. Eu achei esse sistema desnecessariamente complexo.
3. Eu achei esse sistema fácil de usar.

4. Eu achei que precisaria de ajuda de uma pessoa técnica para ser capaz de usar esse sistema.
5. Eu achei que as várias funções desse sistema foram bem integradas.
6. Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.
7. Eu imagino que a maioria das pessoas pode aprender a usar esse sistema rapidamente.
8. Eu achei esse sistema muito pesado para usar.
9. Eu me senti muito seguro usando o sistema.

Seção 3 — Avaliação da qualidade do design visual através do questionário VisAWI-S (Visual Aesthetics of Websites Inventory — Shortened).

Os itens desta seção utilizaram uma escala de 1 (discordo fortemente) a 5 (concordo fortemente).

1. Todos os elementos visuais estão em harmonia.
2. O layout é agradavelmente variado.
3. A composição de cores é atraente.
4. O layout dá a impressão de um design profissional.

Seção 4 — Avaliação da utilidade percebida através do questionário TAM-PU (Technology Acceptance Model - Perceived Usefulness).

Os itens desta seção utilizaram uma escala de 1 (discordo fortemente) a 5 (concordo fortemente).

1. Usar o ISOQUIIF no estudo da isomeria me permitiria encontrar isômeros mais rapidamente.
2. Usar o ISOQUIIF melhoraria meu desempenho no estudo da isomeria.
3. Usar o ISOQUIIF no estudo da isomeria aumentaria minha produtividade.
4. Usar o ISOQUIIF aumentaria minha eficácia ao estudar isomeria.
5. Usar o ISOQUIIF tornaria mais fácil estudar isomeria.
6. Eu considero o ISOQUIIF útil no estudo da isomeria.

Seção 5 — Avaliação das funcionalidades do aplicativo.

Os itens desta seção utilizaram uma escala de 1 (pouco útil) a 5 (muito útil).

1. Listagem dos isômeros de uma fórmula molecular.
2. Descrição e imagens das representações esquelética, estrutural e 3D de um composto químico.
3. Página de descrição de elemento químico.
4. Quiz.
5. Modo escuro.

Seção 6 — Questões abertas.

1. Durante o uso do aplicativo, você encontrou algum defeito ou característica que comprometeu a sua experiência de uso? Caso sim, por favor descreva detalhadamente.
2. Sugira funcionalidades que você considera importantes para serem implementadas em uma versão futura do aplicativo. Para cada sugestão, descreva sucintamente a funcionalidade e dê uma nota de 1 a 5 indicando a importância da funcionalidade.