

PEDRO MALAVASI BETTI
MATHEUS REZENDE MAIA

**MOLE: Aplicação de Realidade Aumentada em Dispositivos
Móveis para Ensino em Química**

CAMPINAS
2025

IFSP - INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO - CAMPUS CAMPINAS
CURSO TÉCNICO INTEGRADO AO MÉDIO EM INFORMÁTICA

MOLE: Aplicação de Realidade Aumentada em Dispositivos
Móveis para Ensino em Química

Orientador: Prof. Márcio André Miranda

CAMPINAS
2025

RESUMO

O ensino de Química, representa um dos mais expressivos exemplos do impacto que as tecnologias móveis podem promover quanto ao processo de ensino-aprendizagem. A Realidade Virtual e a Realidade Aumentada são exemplos significativos destes avanços tecnológicos promovidos pelos dispositivos móveis. Desta forma, contribuem para um aprendizado dinâmico suscitando a curiosidade dos alunos em compreender e visualizar as teorias sob uma nova perspectiva. A realidade aumentada, uma das tecnologias mais sofisticadas de realidade virtual e eficaz como meio de aprendizado, qualifica-se para integrar a educação com a visualização de estruturas químicas, permitindo experiências impressionantes e imersivas. Assim, os aplicativos de Realidade Aumentada são um método inovador de ensinar habilidades de raciocínio espacial aos estudantes de química. Desta forma, o objetivo deste trabalho é utilizar softwares gratuitos como o *Avogadro*, *Blender 2.79*, *Unity* e *Vuforia*, para modelar estruturas de moléculas que possam ilustrar os conceitos de Química e Bioquímica. A utilização destas ferramentas permite construir moléculas com aplicação de interatividades em 3D para sistema Android de dispositivos móveis que proporcionam maior envolvimento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Desta forma, aumentando a capacidade cognitiva de trabalho dos alunos e professores tanto no âmbito presencial quanto no ensino à distância.

Palavras Chaves: Realidade aumentada; química; aplicativo mobile; ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

The teaching of Chemistry represents one of the most significant examples of the impact that mobile technologies can have on the teaching and learning process. Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) are key examples of these technological advancements promoted by mobile devices. In this way, they contribute to dynamic learning, sparking students' curiosity to understand and visualize theories from a new perspective. Augmented Reality, one of the most sophisticated and effective virtual reality technologies as a learning tool, qualifies to integrate education by visualizing chemical structures, allowing for impressive and immersive experiences. Thus, Augmented Reality applications serve as an innovative method for teaching spatial reasoning skills to chemistry students. Therefore, the goal of this work is to use free software such as Avogadro, Blender 2.79, Unity, and Vuforia to model molecular structures that can illustrate the concepts of Chemistry and Biochemistry. The use of these tools allows for the creation of interactive 3D molecules for Android mobile devices, providing greater engagement for students in the teaching and learning process. This, in turn, enhances the cognitive capacity of both students and teachers, in both face-to-face and distance learning contexts.

Keywords: Augmented Reality; Chemistry; Mobile Application; Teaching and Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resultado da pesquisa sobre “Realidade Aumentada”, “Educação” e “Química” no Scopus (Elsevier) por país.

Figura 2: Diagrama das etapas utilizadas no desenvolvimento do aplicativo em RA.

Figura 3: Cronograma.

Figura 4: Diagrama Scrum.

Figura 5: Diagrama Kanban.

Figura 6: Protótipo dos targets.

Figura 7: Protótipo das telas.

Figura 8: Retículo cristalino de NaCl no Avogadro.

Figura 9: Molécula de água no Blender.

Figura 10: Etapas de modelagem.

Figura 11: Plataforma de desenvolvimento.

Figura 12: Aplicativo rodando em celular.

SUMÁRIO

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
1.1 Introdução	7
1.2 Realidade Aumentada	8
1.3 Disponibilidade de Materiais com Realidade Aumentada	9
2 OBJETIVO	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Cronograma	12
3.2 Metodologia Scrumban	13
3.3 Prototipagem dos targets e telas	14
3.4 Modelagem das moléculas 3D	16
3.5 Plataforma de desenvolvimento	18
4 RESULTADOS ESPERADOS	19
5 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	20

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Introdução

Muitos alunos consideram a Química o curso mais difícil que já fizeram ou farão em ensino superior (Salame; Patel; Suleman, 2019). Um desafio para os alunos é que eles devem confiar em suas habilidades espaciais para visualizar e entender como aplicar princípios de química a estruturas bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D). Na verdade, há uma correlação direta entre as habilidades espaciais dos alunos e seu sucesso em química (Harle; Towns, 2011). Os alunos têm dificuldade com tópicos relacionados, como ressonância e estereoquímica, porque não entendem a orientação espacial dos grupos em um átomo central. Além de ser um dos primeiros tópicos que testam as habilidades espaciais dos alunos.

Os educadores têm utilizado muitas ferramentas para ajudar a aumentar as habilidades espaciais dos alunos, sendo os mais populares os kits de modelos (Stull *et al.*, 2012). Os kits de modelos são ferramentas úteis porque os alunos podem construir e girar moléculas fisicamente para promover a coordenação entre estruturas 2D e 3D. Além disso, eles são baratos e fáceis de usar. Mas, infelizmente, o uso de kits de modelos é limitado nos tipos de estruturas que podem ser construídas devido aos componentes finitos no kit. Outro problema associado aos kits de modelos é que os alunos devem carregá-los junto com outros materiais para a aula. Uma opção alternativa para ajudar a aumentar as habilidades espaciais dos alunos é o uso de vídeos e fotos. Embora essas opções sejam facilmente acessíveis aos alunos, eles perdem a capacidade de manipular as moléculas, o que é essencial para correlacionar estruturas 2D e 3D. Portanto, há uma oportunidade de criar um tipo diferente de ferramenta de aprendizagem que aumentaria as habilidades de raciocínio espacial dos alunos (Petritis; Byrd; Schneller, 2022).

Para atender às necessidades educacionais dos estudantes de hoje, é importante reimaginar como criar ferramentas de aprendizagem. Ao contrário das gerações anteriores que dependiam de livros e instruções em sala de aula, os estudantes atuais dependem da Internet e de aplicativos móveis para aprender (Williams; Pence, 2011). Os atuais estudantes são frequentemente chamados de “geração smartphone” porque esses dispositivos são onipresentes. Os alunos estão acostumados a acessar informações instantaneamente na palma da mão (Vigo, 2019). Como resultado, houve um aumento constante no uso de ferramentas de aprendizagem móvel nos negócios (Pandey, 2021), na educação básica (Bruno; Dirkin, 2018) e no ensino superior na última década (Lynch, 2020). Quando a pandemia começou em 2020, muitas empresas de tecnologia educacional foram capazes de capitalizar a necessidade de aprendizagem remota (Edtech Hub, 2021), o que levou a um aumento significativo no financiamento de capital de risco para estas empresas até o final de 2020 (Holon IQ, 2024). Nos últimos 10 anos, houve vários aplicativos de aprendizagem móvel de química desenvolvidos (Silva; Galembeck, 2015). Esses aplicativos podem ser colocados nas seguintes categorias: tabela periódica, guias de estudo/referência, visualizador molecular e

jogos (Winter; Wentzel; Ahluwalia, 2016; Aw et al., 2020). Embora existam vários aplicativos de Química na Google Play Store, poucos deles estão relacionados à Realidade Aumentada (Pechenkina, 2017). Estudos têm mostrado que o aprendizado baseado nestas novas tecnologias tem sido eficaz em ajudar os alunos a atingir resultados de aprendizagem. Eles fornecem um meio não tradicional para o aprendizado porque (a) motivam os alunos a aprender de uma maneira mais descontraída, (b) reforçam conceitos importantes por meio da repetição e (c) incentivam o engajamento contínuo devido o uso de tecnologias digitais atuais (Von Gillern, 2016). Como, praticamente, todos os estudantes possuem um smartphone, o desenvolvimento de um aplicativo de aprendizado móvel permitirá que os alunos aprendam em qualquer lugar, a qualquer hora.

1.2 Realidade Aumentada

Para o ensino de Química, a tecnologia empolgante da Realidade Aumentada (RA) oferece oportunidades para abrir novos e visionários caminhos. A RA é a extensão (aumento) da realidade física com informações digitais. Quando as definições de Milgram *et al.* (1995) e Azuma (1997) são combinadas, pode-se dizer que a RA é uma combinação de conteúdo real e virtual, onde a realidade é aumentada por meio de conteúdo digital. Isso é feito interativamente em tempo real e com registro 3D funcional.

A RA permite que um usuário veja um mundo real com objetos virtuais sendo impostos ou unidos ao mundo real. A RA pode ser potencialmente aplicada a todos os sentidos de uma pessoa, ou seja, audição, olfato, somatossensorial; no entanto, o complemento mais frequente é a visão. Um exemplo de RA com essas características foi apresentado pelo Google® com animais em 3D em seu site de pesquisa (Magalhães, 2020). As principais características da realidade aumentada são uma combinação de objetos reais e virtuais em um ambiente real, uma prática operacional ambiental em tempo real, interatividade e equalização das peculiaridades de objetos reais e virtuais (Azuma *et al.*, 2001).

Os aplicativos com RA conectam o conteúdo digital da Internet, sobrepondo conteúdo virtual a imagens, artefatos de aprendizado, espaços digitais e objetos digitais apresentados por meio de um dispositivo móvel (Behmke *et al.*, 2018).

A Química é considerada uma ciência complicada devido ao uso de noções que não podem se tornar objetos de compreensão direta e, como resultado, os alunos precisam criar imagens e objetos virtuais exatamente em sua imaginação. Nem todos os alunos são capazes de criar esses objetos de maneira apropriada para a realidade; é por isso que os meios de ensino destinados a aumentar a visibilidade são sempre motivo de preocupação no processo de ensino de química (Nechypurenko *et al.*, 2016; Nechypurenko; Semerikov, 2017; Nechypurenko; Semerikov, 2018; Leite, 2020).

Desta forma, a RA é considerada uma ferramenta moderna. Embora possa ter um papel de destaque no ensino de Química, poucas literaturas documentam seu desenvolvimento, aplicação e uso (Locatelli *et al.*, 2020). Estimulados pelos recentes avanços e desenvolvimentos em RA, pelo aumento do poder das unidades de processamento gráfico disponíveis em dispositivos móveis comuns, como smartphones, sugere-se que eles podem e devem ser implementados em práticas de ensino e pesquisas. Embora o uso de RA para visualizar (por exemplo, para fins de ensino) ou mesmo para manipular estruturas tridimensionais não seja uma abordagem nova, ela não tem sido amplamente usada no ensino de Química (Anderson; Weng 1999; Berry; Board, 2014).

Assim, este projeto tem como desafio o desenvolvimento de um aplicativo e materiais que possam fornecer aos alunos uma solução baseada em tecnologia móvel e RA para melhorar a compreensão dos alunos quanto a temas que necessitem abstração, como estereoquímica (geometria molecular e isomeria espacial).

1.3 Disponibilidade de Materiais com Realidade Aumentada

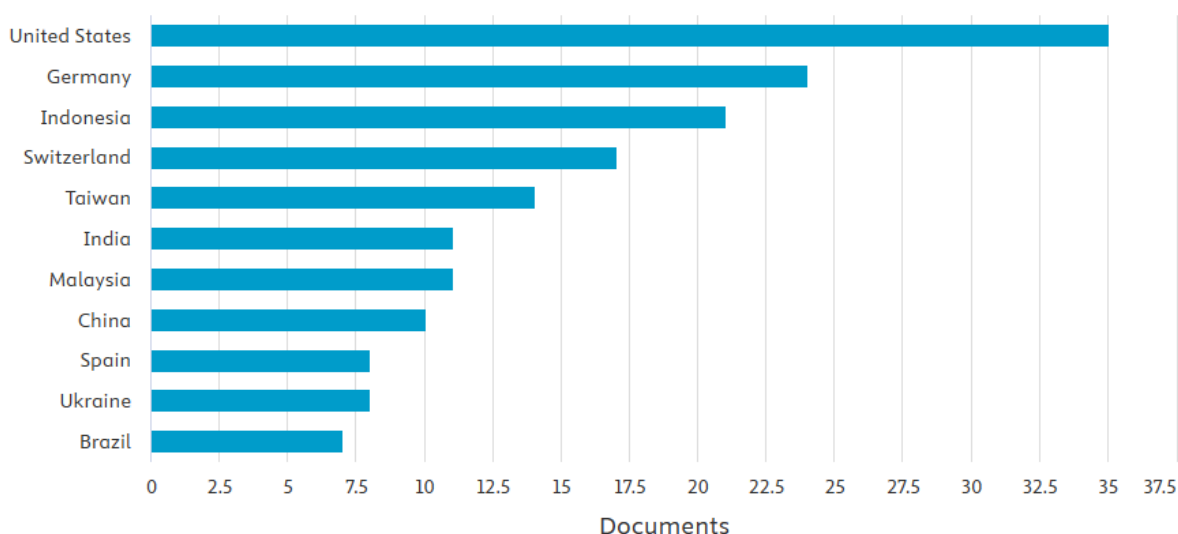
Medir os processos de ensino-aprendizagem não é uma tarefa muito fácil dentro do contexto educacional. Desta forma, realizou-se uma pesquisa em alguns bancos de dados para verificar a disponibilidade de materiais com o tema "Realidade Aumentada".

A pesquisa foi realizada utilizando o portal de periódicos da Capes - Base Scopus (ELSEVIER). Na base Scopus (ELSEVIER) foram obtidos 63.374 artigos publicados desde 1950 até os dias atuais, sendo a maior parte publicada a partir de 2011. Quando se adiciona ao resultado anterior o termo "Educação", o resultado obtido é de 10.287 artigos publicados, sendo 2024 o ano com maior número de publicações com 1.845 trabalhos. O Brasil aparece na 11ª posição com 202 artigos publicados, sendo a Universidade de São Paulo a que mais publicou artigos nesta área, num total de 22 artigos. Conforme observado na figura 1, se realizarmos a busca com os termos "Realidade Aumentada", "Educação" e "Química", obtemos 265 artigos publicados, sendo 7 artigos brasileiros.

Figura 1: Resultado da pesquisa sobre “Realidade Aumentada”, “Educação” e “Química” no Scopus (Elsevier) por país.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Fonte: Scopus (ELSEVIER).

Na mesma base de dados Scopus (ELSEVIER) há 864 patentes depositadas para busca com os termos utilizados anteriormente. Em consulta no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI – www.inpi.gov.br), em 2025, até o mês de março, foram depositados 145 pedidos de patentes para Realidade Aumentada. Não há patentes depositadas para o tema Realidade Aumentada e Ensino de Química. Quanto ao registro de software, há 25 submissões. Nenhuma submissão com os termos “Educação” e “Química”.

Desta forma, percebe-se que a importância ao tema RA vem aumentando, principalmente nos últimos anos. No entanto, do total de artigos publicados apenas uma fração de 1/9 está relacionada à educação. Desta forma, é pertinente investir sobre o tema como objeto de ensino-aprendizagem principalmente para a Educação em Química.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo de realidade aumentada para dispositivos mobile com conteúdo para o estudo das principais propriedades em Química e Bioquímica para o ensino Química nas disciplinas de Ensino Médio.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Modelagem de estruturas de moléculas que possam ilustrar as principais propriedades de ligações químicas utilizadas no ensino de Química;
- b) Implementação dos mecanismos de reconhecimento de padrões impressos;
- c) Desenvolvimento dos recursos de interatividade das estruturas 3D;
- d) Desenvolver recursos para disponibilizá-lo ao público em geral;
- e) Avaliar a qualidade do produto junto aos usuários finais, definidos como sendo os alunos de Ensino Médio;
- f) Participar de feiras científicas, congressos e publicações.

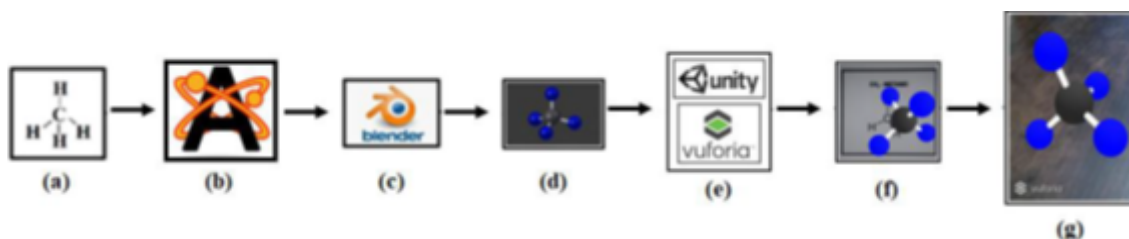
3 MATERIAL E MÉTODOS

Serão adotados softwares de desenvolvimento e ferramentas de uso livre ou que possuam licenças de uso para o Instituto Federal de São Paulo.

Os softwares e ferramentas que poderão ser adotados são:

- i. **Kanban:** estrutura ágil que define as atividades a serem feitas através de um quadro.
- ii. **Scrum:** metodologia ágil que define funções, reuniões e ferramentas para que os projetos sejam entregues de forma eficiente. Baseado em sprints semanais com foco na conclusão de uma determinada tarefa, com cada integrante da equipe tendo uma função específica.
- iii. **Blender:** software para modelagem 3D, simulação na área de física (fluídica, colisão de partículas e corpo rígido) e animação 3D (Blender, 2024);
- iv. **Figma:** plataforma online destinada para realizar trabalhos de design do protótipo das telas e dos targets. As prototipagens iniciais das telas principais foram de ação do usuário, como a tela correspondente ao uso da câmera para detecção dos alvos (Figma, 2024).
- v. **Avogadro:** software para criação de estruturas químicas (Avogadro Chemistry, 2022).
- vi. **Unity e Vuforia:** Softwares utilizados para aplicar funcionalidades ao modelo 3D gerado no Blender, permitindo a compilação de um aplicativo móvel em AR (Microsoft, 2024; Vuforia, 2024).
- vii. **C#:** Linguagem de programação orientada a objetos da Microsoft é utilizada no Unity.

Figura 2: Diagrama das etapas utilizadas no desenvolvimento do aplicativo em RA.



Fonte: Próprio autor.

Etapas: (a) Levantamento de informações referentes à molécula e sua respectiva estrutura espacial. (b) Definição da estrutura espacial utilizando o software Avogadro. (c) Processo de modelagem 3D com base nas informações de tamanho dos átomos (normalizados em relação ao átomo de hidrogênio), ângulo de ligação e comprimento de ligação. (d) Resultado da modelagem 3D no software Blender. (e) Instalação do Vuforia no software Unity e importação do arquivo de modelagem .fbx no software Unity. (f) Resultado obtido com a modelagem 3D e o acréscimo das funcionalidades de AR à molécula CH_4 no software Unity. (g) Imagem com a execução do aplicativo em um smartphone.

3.1 Cronograma

O cronograma, mostrado na figura 3, apresenta as atividades desenvolvidas e os prazos em que foram realizadas ou estão estipuladas para serem feitas.

1. Modelagem de estruturas de moléculas que possam ilustrar as principais propriedades de ligações químicas utilizadas no ensino de Química;
2. Implementação dos mecanismos de reconhecimento de padrões impressos;
3. Desenvolvimento dos recursos de interatividade das estruturas 3D;
4. Entrega do relatório parcial;
5. Desenvolver recursos para disponibilizá-lo ao público em geral;
6. Avaliar a qualidade do produto junto aos usuários finais, definidos como sendo os alunos de Ensino Médio;
7. Participar de feiras científicas, congressos e publicações;
8. Entrega do relatório final.

Figura 3: Cronograma de atividades do projeto.

Metas	Ab r	Mai	Ju n	Ju l	Ag o	Set	Ou t	No v	De z
1	X	X	X						
2		X	X						
3			X	X					
4				X					
5					X				
6						X	X		
7							X	X	
8									X

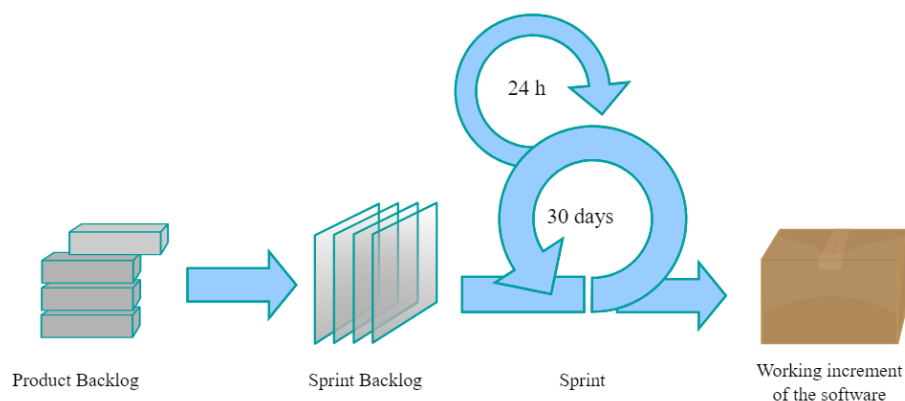
Fonte: Próprio autor.

3.2 Metodologia Scrumban

Foi empregada para o desenvolvimento do projeto a Scrumban, uma metodologia de desenvolvimento ágil que combina funções do Scrum e do Kanban (Atlassian, 2025):

O Scrum é uma das metodologias ágeis mais conhecidas e amplamente utilizadas no desenvolvimento de software. Ele se baseia em ciclos curtos de trabalho chamados sprints, geralmente com duração de 2 a 4 semanas. Durante cada sprint, a equipe se concentra em entregar incrementos funcionais do produto, permitindo que o progresso seja visível e que as entregas possam ser feitas de maneira contínua. O Scrum é caracterizado por uma série de eventos bem definidos, como Reuniões Diárias (Daily Standup), Reunião de Planejamento do Sprint, Revisão do Sprint e Retrospectiva do Sprint (Atlassian, 2025). Essas reuniões garantem que todos os membros da equipe estejam alinhados quanto aos objetivos e ao progresso do projeto. Conforme mostra a figura 4:

Figura 4: Diagrama Scrum.



Fonte: Wikipedia.

As funções principais no Scrum incluem o Scrum Master, que facilita o processo e ajuda a remover obstáculos; o Product Owner, responsável por definir as prioridades do produto; e o Time de Desenvolvimento, que realiza o trabalho técnico para entregar o produto.

O Kanban é uma metodologia empregada para desenvolver uma solução, que divide ela em 3 partes principais: "A fazer", "Fazendo" e "Feito" (Totvs, 2024). No "A fazer", temos as tarefas a serem realizadas, preparando para os colaboradores o que há de fazer e qualificando cada um para determinadas tarefas. Na segunda etapa, o "Fazendo", são as atuais tarefas em desenvolvimento, com prazo e colaborador responsável. O último passo, o "Feito", mostra todas as tarefas realizadas com sucesso. Formando um quadro de três colunas para a organização da equipe. Conforme a figura 5:

Figura 5: Diagrama Kanban



Fonte: Totvs

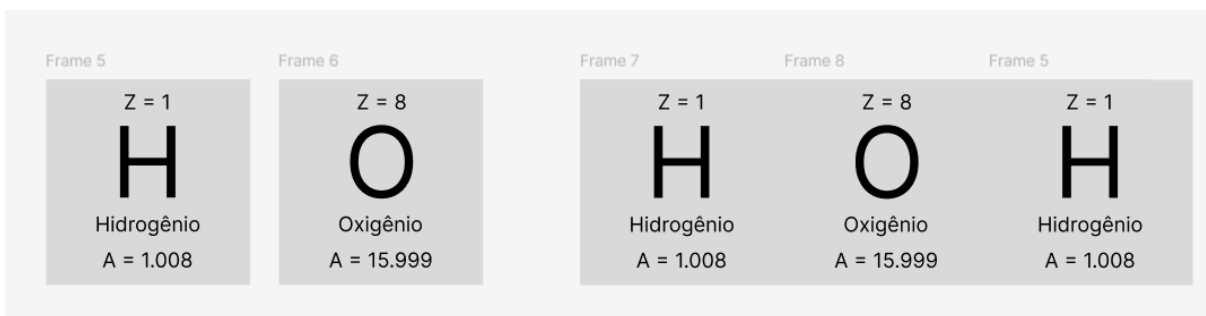
3.3 Prototipagem dos targets e telas

Para o desenvolvimento do protótipo dos targets dos átomos e moléculas e também das telas do aplicativo, foi adotado o Figma, uma plataforma online amplamente utilizada para design de interfaces e protótipos. O Figma é ideal para a criação de layouts interativos e dinâmicos, permitindo que as telas do aplicativo sejam projetadas de forma colaborativa e em tempo real. A ferramenta é versátil, permitindo a prototipagem rápida e eficiente, essencial para validar ideias e testar fluxos de interação antes da implementação final.

Além disso, o Vuforia foi utilizado para testar e aprimorar a qualidade da detecção dos targets – as imagens ou padrões que representam os átomos e moléculas no ambiente de realidade aumentada. Com essa ferramenta, foi possível garantir que os targets das moléculas e átomos fossem detectados de forma precisa e sem falhas, proporcionando uma experiência de AR fluida e imersiva. O processo

de teste com o Vuforia também ajudou a refinar a calibração dos targets, assegurando que, ao visualizar as imagens com dispositivos compatíveis, as estruturas moleculares fossem exibidas de forma clara e correta.

Figura 6: Protótipo dos targets que representam as estruturas químicas para exibição em RA.



Fonte: Próprio autor.

A prototipagem, portanto, envolveu não apenas o design e teste dos targets utilizados para representar os átomos e moléculas em AR (figura 6), mas também a criação das telas do aplicativo (figura 7).

Figura 7: Protótipo das telas.

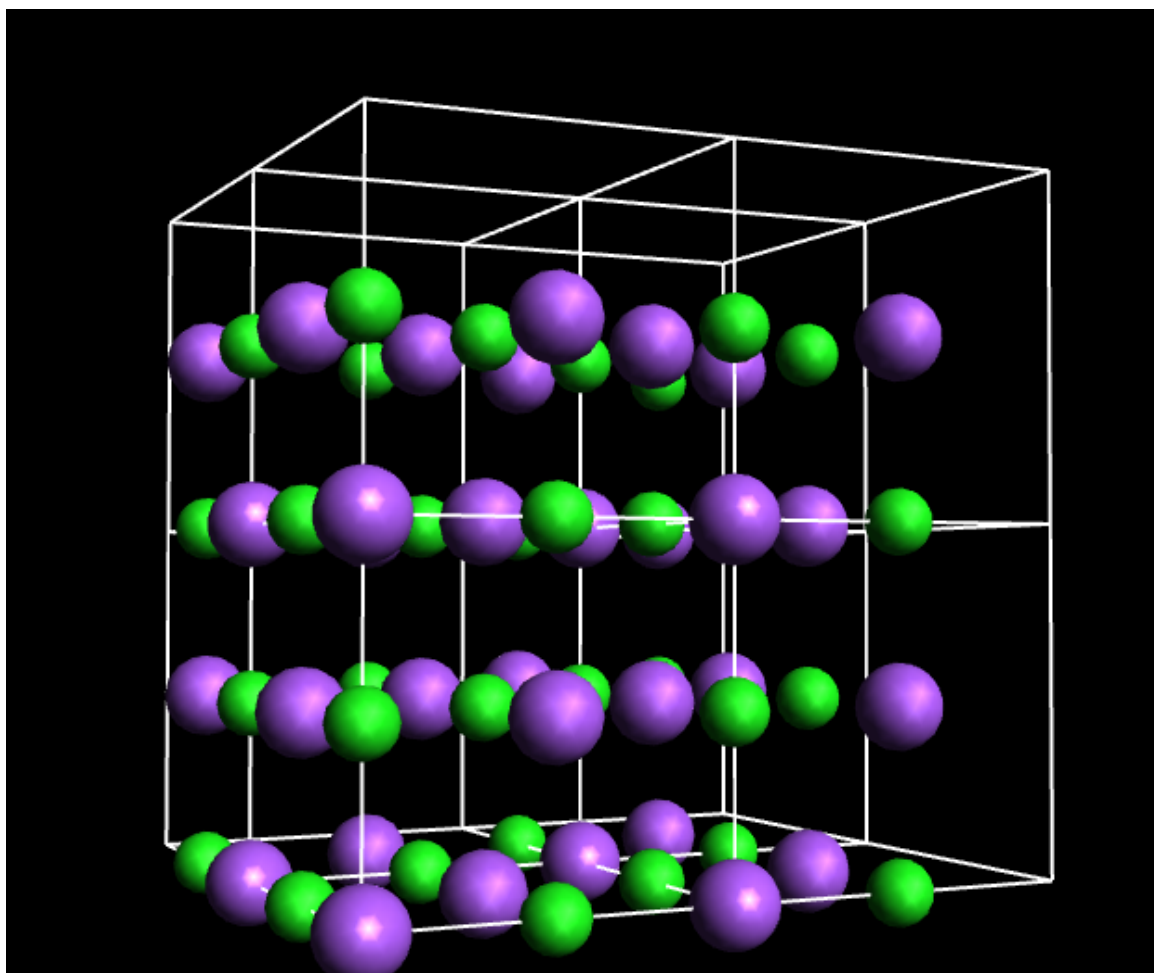


Fonte: Próprio autor.

3.4 Modelagem das moléculas 3D

Para a realização das moléculas 3D foi utilizado o Avogadro, um software bastante acessível e intuitivo, amplamente empregado para a criação de estruturas químicas e suas ligações. O Avogadro permite que o usuário construa modelos moleculares tridimensionais de maneira precisa, ajustando as ligações entre os átomos e manipulando a geometria das moléculas, conforme figura 7. Sua interface simplificada e suas funcionalidades de fácil acesso tornam-no ideal para quem deseja criar e visualizar moléculas sem grandes dificuldades. Após a criação das estruturas no Avogadro, os modelos são então exportados para outra ferramenta, o Blender, para dar continuidade ao processo de modelação e animação das moléculas em 3D.

Figura 8: Retículo cristalino de NaCl no Avogadro.

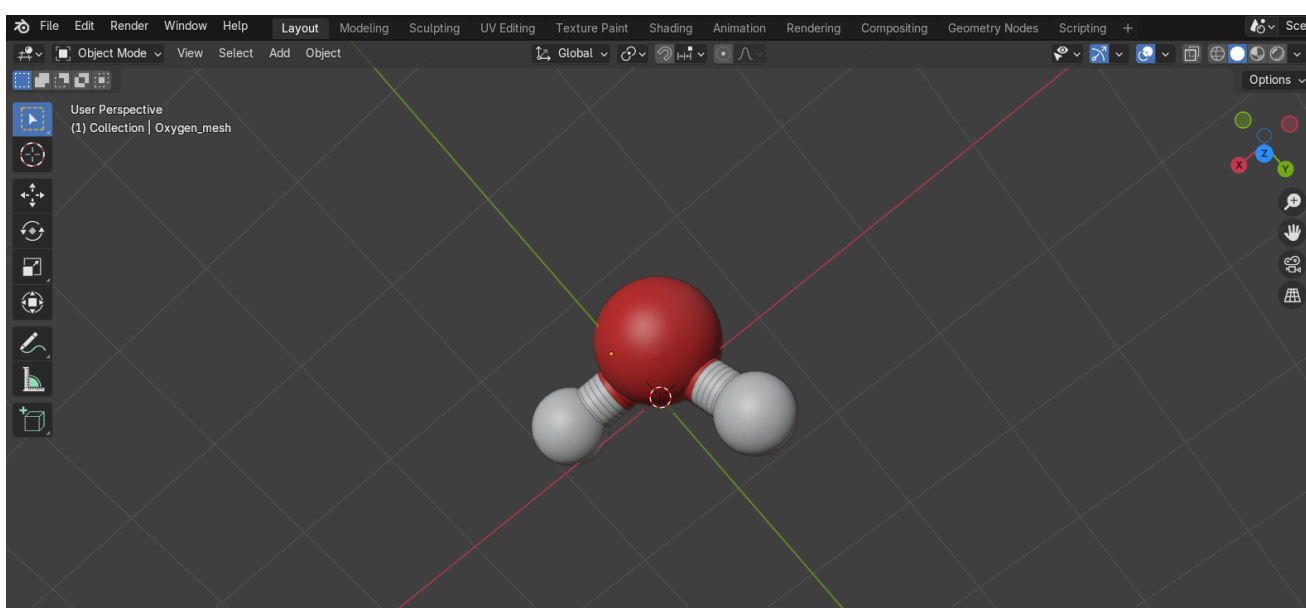


Fonte: Próprio autor.

O Blender é um software robusto de modelagem, animação e simulação 3D que oferece uma grande flexibilidade, sendo amplamente utilizado tanto em áreas

artísticas quanto científicas. No caso do projeto, o Blender foi escolhido para trabalhar as moléculas criadas no Avogadro, permitindo a simulação de fenômenos físicos como fluídica, colisão de partículas e a interação de corpos rígidos. Com o Blender, é possível realizar animações detalhadas que mostram como as moléculas se comportam em diferentes condições, como em movimentos de rotação, interações entre moléculas ou até mesmo em simulações de reações químicas. Além disso, a plataforma oferece recursos avançados de renderização, o que resulta em imagens e vídeos de alta qualidade, proporcionando uma visualização realista dos modelos.

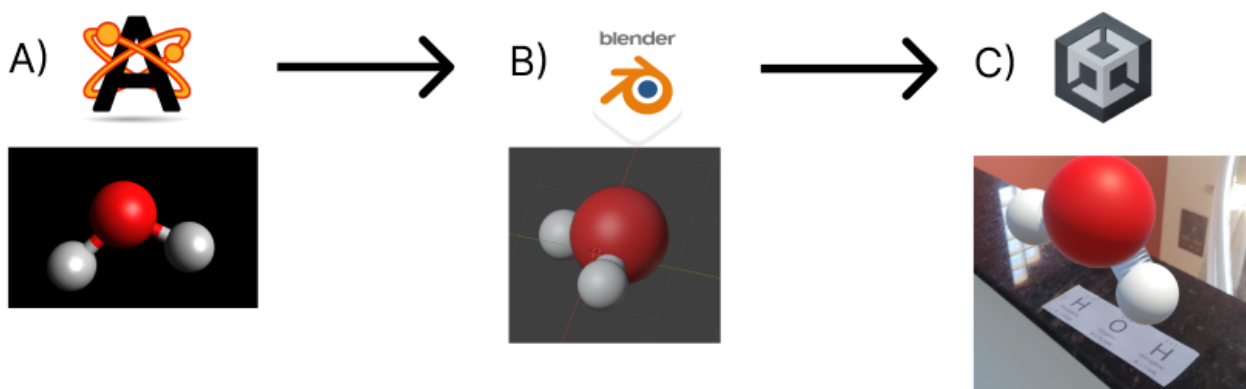
Figura 9: Molécula de água no Blender.



Fonte: Próprio autor.

A figura 10 apresenta um resumo das etapas utilizadas:

Figura 10: Etapas de modelagem. A) Criação das moléculas de óxido e peróxido de hidrogênio pelo Avogadro e exportação dos arquivos em formato .pdb (Protein Data Bank). B) Ajuste das dimensões do modelo 3D e alteração do formato para .fbx, necessário para a parte do desenvolvimento. C) Conexão do modelo 3D ao padrão impresso na aplicação final por meio do Vuforia e Unity.



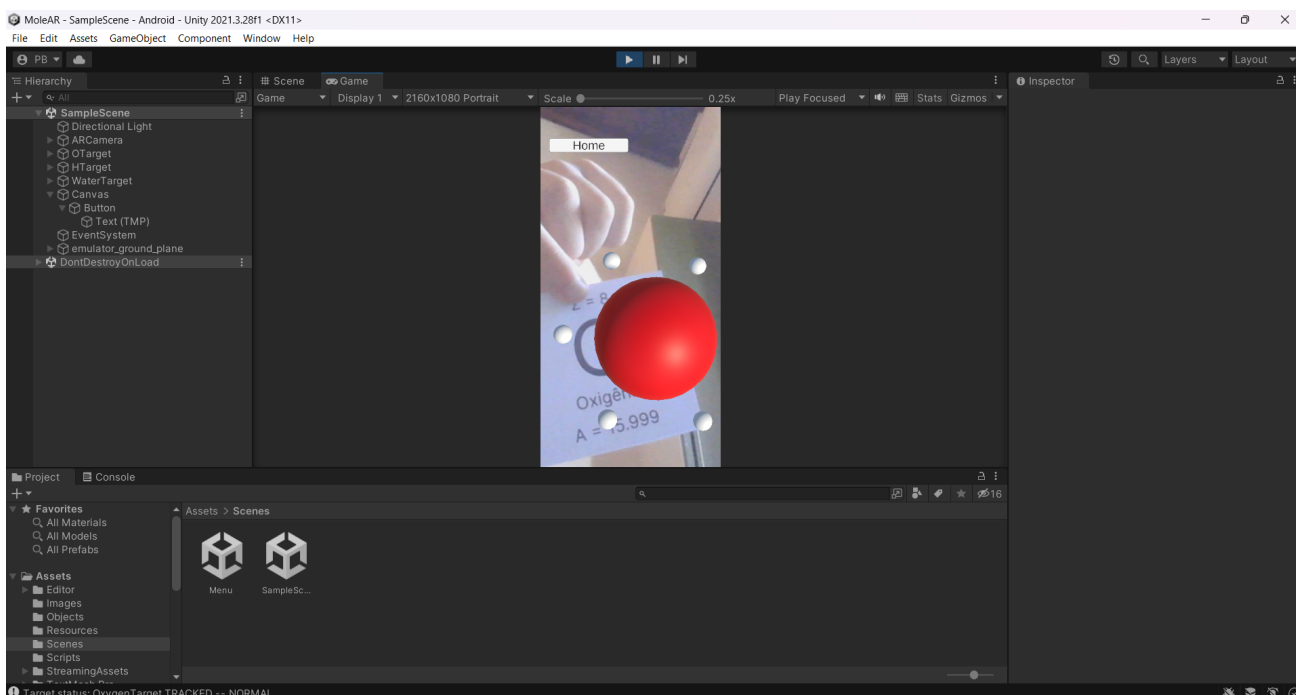
Fonte: Próprio autor.

3.5 Plataforma de desenvolvimento

Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizada a plataforma Unity, por sua capacidade de criação de aplicações interativas em 2D, 3D e Realidade Aumentada (RA). Entre suas funcionalidades, destaca-se a possibilidade de aplicar animações personalizadas. No caso do MOLE, além da representação tridimensional dos compostos químicos, foram implementadas animações que simulam a rotação dos elétrons da camada de valência ao redor do núcleo atômico dos átomos, com o objetivo de tornar a experiência mais didática e intuitiva.

A Unity foi integrada ao Vuforia Engine, devido à sua ampla compatibilidade com dispositivos móveis e à eficiente detecção de imagens-alvo (targets). Com as moléculas previamente modeladas e importadas para a plataforma, foi possível associar cada composto ou átomo a uma imagem específica. Dessa forma, ao posicionar a câmera de um dispositivo sobre o target correspondente, a aplicação reconhece a imagem, interpreta o efeito programado no código e projeta, em tempo real, o modelo tridimensional interativo da molécula sobre a superfície detectada.

Figura 11: Plataforma de desenvolvimento.



Fonte: Próprio autor.

Esse processo proporciona uma visualização imersiva e interativa das estruturas químicas, contribuindo de forma significativa para o aprendizado e a compreensão espacial dos compostos representados.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se com este projeto produzir um aplicativo de Realidade Aumentada para o ensino de Química e expandir os conteúdos interativos educacionais que possam ser utilizados como ferramenta de ensino-aprendizagem para alunos do ensino Médio. A disseminação deste produto proposto será realizada através de apresentação em feiras e/ou congressos relacionados com o tema, artigos em revistas e/ou periódicos especializados, sites específicos e outros meios e veículos.

Atualmente, os resultados do projeto já demonstram avanços significativos: foi possível desenvolver um APK funcional que reconhece os targets dos átomos e exibe suas respectivas camadas de valência, além de identificar e representar os compostos formados pelas ligações químicas. A aplicação possibilita a visualização interativa das moléculas em Realidade Aumentada, permitindo que o estudante explore, de maneira prática e intuitiva, como os átomos se conectam para formar substâncias. Esse resultado evidencia o potencial da ferramenta para ampliar a compreensão de conceitos abstratos da Química, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico, envolvente e acessível.

Figura 12: Aplicativo rodando em celular.



Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÃO

Considerando as ferramentas atuais utilizadas para o processo ensino-aprendizagem de Química, o produto proposto possui potencial de inovação na área de educação. Podendo gerar inovação dos laboratórios didáticos; interdisciplinaridade e contextualização; potencializar a aprendizagem dos conceitos químicos; tornar as aulas atraentes e motivadoras, uma vez que, será capaz de auxiliar os professores e alunos na visualização de moléculas em 3D facilitando o processo de ensino-aprendizagem, tanto em instituições de ensino público ou privado de Educação Básica.

REFERÊNCIAS

\$16.1B Of Global EdTech Venture Capital in 2020. HolonIQ, 5/01/2021. Disponível em: www.holoniq.com/notes/16.1b-of-global-edtech-venture-capital-in-2020/. Acesso em: 09 mar. 2025.

ANDERSON, Abraham; WENG, Zhiping. VRDD: Applying virtual reality visualization to protein docking and design. *J. Mol. Graphics Modell.* 17, 180, 1999.

ATLASSIAN. Scrum: o guia definitivo para equipes ágeis. Disponível em: <https://www.atlassian.com/br/agile/scrum>. Acesso em: 06 mai. 2025.

ATLASSIAN. Scrumban: como combinar Scrum e Kanban. Disponível em: <https://www.atlassian.com/br/agile/project-management/scrumban>. Acesso em: 06 mai. 2025.

AVOGADRO. Disponível em: <https://avogadro.cc/>. Acesso em: 31 jul. 2024.

AW, Jonah Kailer; BOELLAARD, Kevin Christopher; TAN; Teck Kiang; YAP, John; LOH, Yi Ping; COLASSON, Benoît; BLANC, Étienne; LAM, Yulin; FUNG; Fun Man. Interacting with Three-Dimensional Molecular Structures Using an Augmented Reality Mobile App. *J. Chem. Educ.* 2020, 97 (10), 3877–3881.

AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1997, 6 (4), 355– 385.

AZUMA, Ronald; BAILLOT, Yohan; BEHRINGER, Reinhold; FEINER, Steven; JULIER, Simon; MACINTYRE, Blair. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*; 21(6), 34–47, 2001.

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. Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference, V. 2, Article 3, 2018. DOI: 10.20429/stem.2018.020103.

BERRY, Colin; BOARD, Jason. A Protein in the Palm of Your Hand Through Augmented Reality. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 42, 446–449, 2014.

BLENDER. Sobre o Blender. Disponível em: <https://www.blender.org/about/>. Acesso em: 31 jul. 2024.

BRUNO, Justin; DIRKIN, Ken. Research and Design of a Mobile Application for K-12 Professional Learning. Michigan Virtual University: Lansing, MI, 2018. Disponível em: <https://mvlri.org/research/publications/research-and-design-of-a-mobile-application-for-k-12-professional-learning/>. Acesso em: 09 mar. 2025.

EdTech and Covid-19:10 Things to Know. EdTech Hub, 8/10/2021. Disponível em: <https://edtechhub.org/edtech-and-covid-19-10-things-to-know/>. Acesso em: 09 mar. 2025.

FIGMA. Design no Figma. Disponível em: <https://www.figma.com/pt-br/design/>. Acesso em: 31 jul. 2024.

HARLE, Marissa; TOWNS, Marcy. A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *J. Chem. Educ.* 2011, 88, 351–360

LEITE, Bruno Silva. Aplicativos para aprendizagem móvel no ensino de química. *Ciências em Foco*, v. 13, p. e020013-e020013, 2020.

LOCATELLI, Aline; DE BRITTO BOTH, Guilherme; TRENTIN, Marco Antônio Sandini; ZOCH, Alana Neto. Aplicativos para dispositivos móveis no ensino Química: uma pesquisa na literatura estrangeira. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, p. e699997758-e699997758, 2020.

LYNCH, Matthew. Thoughts on the State of Mobile Learning. Tech Edvocate, 29/10/2020. Disponível em:

<https://www.thetechadvocate.org/thoughts-on-the-state-of-mobile-learning/>. Acesso em: 09 mar. 2025.

MAGALHÃES, André Lourenti. Como Pesquisar e ver animais em 3D no Google. 14/04/2022. Disponível em <https://canaltech.com.br/apps/pesquisa-do-google-comeca-a-mostrar-animais-em-realidade-aumentada-pelo-celular-140705/>. Acesso em: 24 nov. 2020.

MICROSOFT. Visão geral do desenvolvimento com Vuforia para Unity. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/windows/mixed-reality/develop/unity/vuforia-development-overview>. Acesso em: 06 mai. 2025.

MILGRAM, Paul; TAKEMURA, Haruo; UTSUMI, Akira; KISHINO, Fumio. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Proceedings, Telem manipulator and Telepresence Technologies*; SPIE, 1995; Vol. 2351, pp 282–292.

NECHYPURENKO, Pavlo P.; SEMERIKOV, Serhiy O. Theoretical and methodical foundations of using ICT as a tools of forming the senior pupils' research competencies in the chemistry profile learning. Publishing Department of the SIHE "Kryvyi Rih National University", Kryvyi Rih; 2018.

NECHYPURENKO, Pavlo P.; SEMERIKOV, Serhiy O. VlabEmbed – the New Plugin Moodle for the Chemistry Education. In: ERMOLAYEV, V., BASSILIADES, N., FILL, H.-G., YAKOVYNA, V., MAYR, H.C., KHARCHENKO, V., PESCHANENKO, V., SHYSHKINA, M., NIKITCHENKO, M., SPIVAKOVSKY, A. (eds.) *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer 2017, 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI, 2017)*, Kyiv, Ukraine, 15-18 May 2017. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), vol. 1844, pp. 319–326, 2017.

NECHYPURENKO, Pavlo P.; SEMERIKOV, Serhiy O.; SELIVANOVA, Tetyana V.; SHENAYEVA, Tetyana O. Information and communication tools for pupils' research competence formation at chemistry profile learning. *Information Technologies and Learning Tools*; 56(6), 10–29, 2016.

PANDEY, Asha. 4 Killer Examples of Using Mobile Apps in Corporate Training. *ELearning Industry*, 12/05/2021. Disponível em: <https://elearningindustry.com/mobile-apps-in-corporate-training-4-killer-examples-using>. Acesso em: 09 mar. 2025.

PECHENKINA, Ekaterina; LAURENCE, Daniel; OATES, Grainne; ELDRIDGE, Daniel; HUNTER, Dan. Using a Gamified Mobile App To Increase Student Engagement, Retention and Academic Achievement. *Int. J. Educ. Technol. Higher Educ.* 2017, 14 (1), 31.

PETRITIS, Steven J.; BYRD, Katherine M.; SCHNELLER, Will. Hybridization Gamified: A Mobile App for Learning About Hybridization. *Journal of Chemical Education* 2022 99 (3), 1155-1159.

SALAME, Issa I.; PATEL, Sagar; SULEMAN, Shafic. Examining Some of The Students' Challenges in Learning Organic Chemistry. *Int. J. Chem. Educ. Res.* 2019, 3, 6–14.

SILVA, Thanuci; GALEMBECK, Eduardo. Surveying Biochemistry Applications for Mobile Devices to Compare Availability and Topics Covered. *J. Chem. Educ.* 2015, 92 (7), 1256–1260.

STULL, Andrew T.; HEGARTY, Mary; DIXON, Bonnie; STIEFF, Mike. Representational Translation With Concrete Models in Organic Chemistry. *Cognition and Instruction* 2012, 30 (4), 404–434.

TOTVS. Kanban conceito, como funciona, vantagens e implementação. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/negocios/kanban/>. Acesso em 31 mar. 2024.

VIGO, Julian. Generation Z And New Technology's Effect On Culture. Forbes, 31/08/2019. Disponível em: www.forbes.com/sites/julianvigo/2019/08/31/generation-z-and-new-technologys-effect-on-culture/#719f5365c2af. Acesso em: 09 mar. 2025.

VON GILLERN, Sam. Games and Their Embodied the Classroom: Connecting Learning Theory to Practice.” Handbook of Research on Gaming Trends in P-12 Education, by Donna Russell and James M. Laffey. *Information Science Reference* 2016, 55–84. Disponível em: <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/139798>. Acesso em: 09 mar. 2025.

VUFORIA. Getting Started with Vuforia Engine and Unity. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/library/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity>. Acesso em: 31 jul. 2024.

WIKIPEDIA. Scrum. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Scrum>. Acesso em: 06 mai. 2025.

WILLIAMS, Antony J.; PENCE, Harry E. Smart Phones, a Powerful Tool in the Chemistry Classroom. *J. Chem. Educ.* 2011, 88, 683–686.

WINTER, Julia; WENTZEL, Michael; AHLUWALIA, Sonia. A Mobile Game for Organic Chemistry Students To Learn the Ring Flip of Cyclohexane. *J. Chem. Educ.* 2016, 93, 1657–1659.