

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC	
() PRÉ-PROJETO (X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2023/2

AR LAB: APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA PARA AUXILIAR NO APRENDIZADO DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM UM LABORATÓRIO DE QUÍMICA

Larson Kremer Vicente

Prof. Dalton Solano dos Reis – Orientador

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia tem tido grande avanço devido ao seu uso cada vez mais frequente em nosso dia a dia por meio de aparelhos como smartphones, tablets e computadores. Tais instrumentos são amplamente utilizados pelos jovens, devido à gama de possibilidades oferecidas (TAVARES; SOUZA; CORREA, 2013). Dentre as possibilidades, está a produção de conteúdo na área educativa, diminuindo os obstáculos para a obtenção de informação e facilitando sua disseminação. Portanto, é difícil elaborar um processo de ensino aprendizagem que não inclua recursos tecnológicos à prática educativa (VIEIRA; MEIRELLES; RODRIGUES, 2011).

O smartphone, que é utilizado por 98% dos estudantes do ensino médio para acessar a internet (CETIC, 2022), torna-se um meio acessível e adaptável para a criação de métodos de aprendizagem alternativos. Dentre essas estratégias é possível destacar a Realidade Aumentada (RA), tecnologia capaz de inserir objetos virtuais em uma visualização do mundo real utilizando a câmera de vídeo e a tela do dispositivo. Uma das áreas do conhecimento em que as novas tecnologias ainda precisam ser melhor exploradas é a química, de acordo com Lopez e Chavez (2018, p. 136):

[...] o ensino de química é muitas vezes resumido à memorização de fórmulas, nomenclaturas e cálculos matemáticos, ocasionando dessa forma a desvalorização dos aspectos conceituais do aprendizado químico por uma parcela significativa dos alunos.

Queiroz, Oliveira e Rezende (2015, p. 1) também explicam que “o processo de ensino apenas através de livros e conteúdos registrados no quadro negro têm-se mostrado ineficiente por não conseguir assegurar a atenção dos alunos”. Ainda, segundo dados do INEP (2018), 66% das escolas de ensino médio brasileiras não têm laboratório de ciências.

Decorrente destes fatos, esta proposta visa desenvolver um aplicativo que auxilie no aprendizado aos alunos de escolas que não possuem um laboratório de química a conhecerem as principais vidrarias utilizando Realidade Aumentada (RA). As vidrarias são ferramentas, geralmente feitas de vidro, utilizadas pelos químicos para experimentos em pequena escala e para ensaios de rotina em laboratórios (Becker, Erlenmeyer, Kitassato). Realidade Aumentada será utilizada para visualizar em 3D os modelos destas vidrarias. Diversos aplicativos já foram desenvolvidos com o intuito de auxiliar estudantes, porém poucos utilizam recursos como a RA. A vantagem oferecida pela RA é, segundo Queiroz, Oliveira e Rezende (2015, p. 2) “contribuir na construção do conhecimento através de [...] simulações interativas, permitindo visualização e contato com um material antes demonstrado apenas em figuras planas.”.

Desta forma, busca-se também, com o aplicativo proposto, disponibilizar aos alunos o acesso ao material laboratorial virtualmente, como ferramenta complementar, procurando atrair mais a atenção dos alunos. Por fim, pretende-se validar este aplicativo em conjunto com o projeto Habitat, equipe que congrega professores de educação básica, formadores de professores e acadêmicos, em um espaço híbrido direcionado à formação docente, que possui em sua equipe professores ministrantes de aulas de química em escolas públicas.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um aplicativo para auxiliar no aprendizado das principais vidrarias de um laboratório de química.

Os objetivos específicos são:

- a) investigar se Realidade Aumentada pode ser usada para explicar o uso das principais vidrarias de um laboratório de química;
- b) verificar se é viável o uso de Realidade Aumentada em uma simulação de um experimento químico usando a vidraria;
- c) avaliar o aplicativo desenvolvido em conjunto com o projeto Habitat.

2 TRABALHOS CORRELATOS

A seguir são apresentados três aplicativos que apresentam características semelhantes aos objetivos do trabalho proposto. O primeiro é um aplicativo móvel que permite a utilização de diversos instrumentos de um laboratório de química e observar suas reações (THIX, 2017). O segundo é um aplicativo baseado em Realidade Aumentada que objetiva o aprendizado por meio de roteiros de aulas de química que abordam tanto os equipamentos quanto as moléculas em modelo 3D (SILVA, 2019). Por último, um aplicativo que utiliza da Realidade Imersiva para aprendizado, baseado em módulos, que durante a sua utilização permite observar reações e instrumentos presentes em um laboratório de química (FUTUCLASS, 2021).

2.1 CHEMIST

O aplicativo Chemist (Figura 1) simula um laboratório químico virtualmente, e está disponível para compra através da Play Store e Apple Store. Chemist utiliza modelos 3D permitindo realizar experiências químicas, criar misturas e soluções observando suas respectivas reações. Também disponibiliza diversos instrumentos (Figura 1) e conta com mais de 200 tipos reagentes orgânicos e inorgânicos, que podem ser escolhidos por diferentes categorias, como: sólidos, líquidos e gasosos (THIX, 2017). Com estes instrumentos os usuários podem simular a chamada “Reação de Precipitação”.

Como exemplo de uma “Reação de Precipitação”, os usuários podem escolher dois reagentes (solução de cloreto de sódio - NaCl e nitrato de prata - AgNO₃) para realizar uma simulação. A partir da mistura destas soluções os usuários podem observar a interação entre os reagentes. Conforme os compostos se encontram, uma reação química ocorre, resultando na formação de um sólido insolúvel conhecido como precipitado. Através da simulação, os usuários podem visualizar esse processo, observando a transição das substâncias líquidas para o sólido. Os usuários também têm a liberdade de manipular e explorar tridimensionalmente o precipitado virtual (THIX, 2017). Assim, podendo movê-lo, girá-lo e examiná-lo de todos os ângulos, o que pode proporcionar uma melhor compreensão sobre a estrutura molecular e a natureza da substância formada.

Além da experiência visual, o Chemist oferece informações detalhadas sobre a reação usando tanto as vidrarias (Béquer, Kitassato, Erlenmeyer) quanto os elementos químicos. Explicações sobre os íons envolvidos, os produtos formados e a relevância prática dessa reação química específica são fornecidas, podendo assim enriquecer o entendimento dos usuários sobre o contexto e a aplicação real da reação de precipitação. O Chemist também oferece compras dentro do próprio aplicativo permitindo ao usuário expandir suas possibilidades de interação. Para utilizar o Chemist é necessário ter um conhecimento prévio de química pois ele não direciona o usuário para experiências predefinidas (THIX, 2017).

Figura 1 – Vidraria e instrumentos



Fonte: Thix (2017).

2.2 QUIMICAR

O aplicativo QuimicAR foi desenvolvido com finalidade educacional, apenas para aparelhos Android, e implementado usando o motor de jogos Unity junto com o Vuforia (para a parte de Realidade Aumentada). O QuimicAR oferece uma apostila com sete roteiros de aulas práticas básicas de química (SILVA, 2019). Nestes roteiros são disponibilizados o passo a passo da aula prática junto com um marcador, que é utilizado para a visualização das estruturas moleculares (Figura 2a) e vidrarias pelo aplicativo em Realidade Aumentada (Figura 2b).

Nesses sete roteiros são abordados diversos assuntos e técnicas relacionadas ao aprendizado de química, sobretudo, as matérias do 9º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio. Algumas técnicas são de pesagem e transferência de líquidos, propriedades de matérias (densidade e solubilidade) e solução de misturas (SILVA, 2019). Estes roteiros foram criados para atender os momentos pedagógicos formais de Delizoicov (1983) e para possibilitar a visualização de aspectos de difícil compreensão por meio da RA. Também oferece cores através do CVDFilterm, que é um modo de acessibilidade para pessoas com daltonismo. O CVDFilterm é uma biblioteca que disponibiliza scripts de correção de cores para ser aplicado nas câmeras e interface. Assim, as cores

do aplicativo são adequadas de modo a propiciar que os usuários enxerguem a interface e as figuras como são na realidade, sem distorções (SILVA, 2019).

Figura 2 – a) Estrutura molecular em RA – b) Vidraria Erlenmeyer em RA



Fonte: Silva (2019).

No canto superior direito na Figura 2b é demonstrada a numeração 01/02 (da vidraria Erlenmeyer) indicando o primeiro roteiro e a segunda visualização em 3D disponível. Neste primeiro roteiro são abordadas técnicas de pesagem e transferências de sólidos e líquidos. Primeiramente o roteiro apresenta uma introdução a respeito dos primeiros passos para que a experiência ocorra sem falhas e interferências. Também lembra das unidades de medida de volumes, sendo elas: ml, L e kl. Posteriormente o autor disponibiliza uma listagem dos materiais e reagentes necessários para o primeiro roteiro. Sendo os materiais: balança semi-analítica, copo de vidro milimetrado (Erlenmeyer), seringa, pires de vidro, colher, termômetro, objeto sólido cúbico e objeto sólido irregular.

Já na metodologia, ensina a fazer medição da massa de uma porção de sal de cozinha que foi colocado em um pires, fazendo a medição do pires vazio e posteriormente com o sal de cozinha. O segundo tópico aborda precisão, medição e cálculo do volume. Dessa vez comparando a precisão dos instrumentos utilizados, adicionando 50 ml de água no copo milimetrado, realizando triplicata (repetindo o procedimento 3 vezes) e anotando na tabela disponibilizada pelo roteiro. Já na segunda etapa coloca 50 ml nas seringas, realizando também triplicata e medindo a massa, até completar 50 ml. A próxima experiência trata-se apenas de calcular o volume de objetos regulares, como um cubo ou esfera, que podem ser calculados através de expressões matemáticas simples. Nesta etapa, é indicado que calcule o volume de um dado, por exemplo, e algo que se assemelhe a uma bola, como a bola de gude.

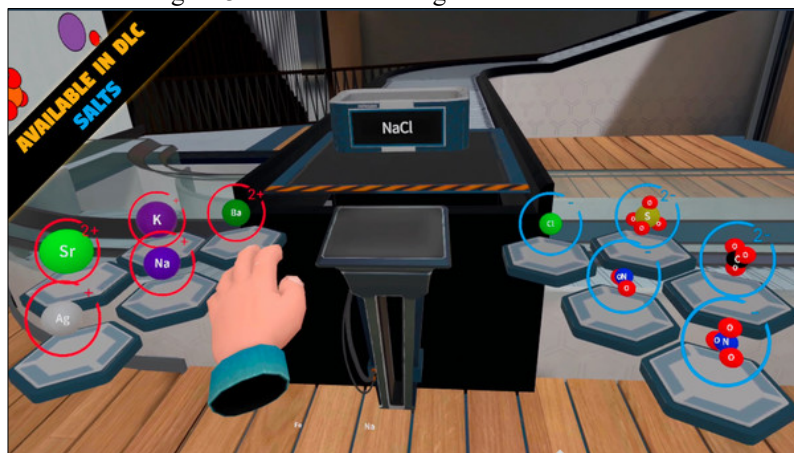
Logo em seguida, é abordado o cálculo do volume e objetos irregulares que será medido a partir do deslocamento de um líquido. Nesta etapa, o aluno utiliza a água, uma proveta e o sólido irregular estabelecido. Deve-se preencher a proveta com água suficiente para cobrir o sólido. Em seguida, insere-se o objeto irregular na proveta com água e observa-se o deslocamento da água, que representa o volume do sólido. E em seguida se deve fazer o mesmo com os objetos da etapa anterior. Após estas etapas pode-se concluir que o volume do sólido é igual a subtração do volume final do sistema com o volume inicial, que possuía apenas água (SILVA, 2019). Por fim, é aplicado um questionário com cinco perguntas ao aluno para que seja validado então os aprendizados realizados no roteiro, sendo questionado a respeito das unidades de medidas, como calcular o volume de um sólido regular e qual foi a vidraria mais precisa.

2.3 FUTUCLASS

O Futuclass é um aplicativo de realidade virtual imersiva não gratuito que proporciona uma abordagem para o aprendizado. O Futuclass conta com cinco módulos que abordam moléculas, propriedades dos gases, bem como montagem e nomenclatura de sais (FUTUCLASS, 2021). Na Figura 3 observa-se uma lição sobre vários sais e sua composição, onde o aluno é direcionado a trabalhar em uma linha de montagem de uma “fábrica de sal”. A partir de uma bancada que chegam os “pedidos”, o usuário deve utilizar a sua mão virtual, controlada por um controle com botões e gatilhos simulando assim suas próprias mãos e permitindo a imersão da atividade, para colocar na caixa apenas as moléculas que formam a composição desejada, como no exemplo o NaCl. O aluno

poderá aprender sobre: cátions, ânions, nomes comuns de sal, regras de nomenclatura, balanceamento de íons de sal e nomenclatura de íons. Outros módulos que o Futuclass disponibiliza são: balanceamento de reações, balanceamento de equações de reação, estrutura química de substâncias e ligações químicas. No módulo de balanceamento de reações o aluno poderá aprender a equilibrar reações químicas básicas passando de equações mais simples a equações mais difíceis (FUTUCLASS, 2021).

Figura 3 – Linha de montagem na fábrica de sal



Fonte: Futuclass (2021).

A eficácia educacional de cada módulo do aplicativo Futuclass foi avaliada por meio de testes com alunos, tanto em ambientes de sala de aula quanto em suas próprias casas. Para utilizar o Futuclass, é necessário possuir um computador e um óculos de realidade virtual compatível, como os dispositivos SteamVR ou Oculus PC (FUTUCLASS, 2021).

3 PROPOSTA DO APLICATIVO

Nesta seção será apresentada a relevância deste trabalho, para a área social bem como para a tecnológica, além disso, serão exibidos os principais Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF), a metodologia a ser utilizada e o cronograma a ser seguido no decorrer do trabalho.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo das características entre os trabalhos correlatos. Nas linhas são descritas as características e nas colunas os trabalhos.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Chemist – Thix (2017)	QuimicAR – Silva (2019)	Futuclass – Futuclass (2021)
Utiliza Realidade Aumentada	Não	Sim	Não
Necessário marcador para uso	Não	Sim	Não
Plataforma	Android/ iOS	Android	Windows
Aplicativo gratuito	Não	Sim	Não
Direcionado para educação	Sim	Sim	Sim
Simula experimentos químicos	Sim	Não	Sim

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 1 pode-se afirmar que, a Realidade Aumentada é utilizada apenas na aplicação QuimicAR. Apenas a aplicação QuimicAR faz o uso dos marcadores físicos para a ancoragem dos modelos 3D para visualização das moléculas e vidrarias. O QuimicAR é gratuito para utilização, já as demais aplicações fazem o uso das lojas Steam, Google Play Store e Apple Store para que seja efetuada a sua compra, além de vendas internas no próprio aplicativo (no caso do Chemist).

No quesito plataformas, apenas o Futuclass se diferencia dos demais aplicativos, por não ser desenvolvido para dispositivos móveis, necessitando assim de um computador desktop que suporte a utilização do OculusPC ou SteamVR. O Futuclass tem direcionamento para educação, sendo desenvolvido em colaboração por professores de ciência, tendo disponibilidade de diversos roteiros sobre química, como por exemplo, balanceamento de reações e montagem de sais, testado por diversas turmas em salas de aula, o que acaba validando sua efetividade no ensino

e a possibilidade de um novo aprendizado. Por necessitar de um equipamento mais específico e de maior valor, pode restringir a sua disponibilidade de uso.

O aplicativo Chemist também se direciona ao ensino, porém o usuário deve ter um bom conhecimento prévio das propriedades e experimentos da química para utilizá-lo pois o Chemist não disponibiliza nenhum roteiro para aprendizado e acaba deixando o usuário livre para utilização dos instrumentos e elementos. A respeito de simulação de experimentos químicos, apenas o QuimicAR não disponibiliza essa interação para o usuário ele utiliza marcadores para visualizar modelos 3D estáticos, tanto das moléculas e das vidrarias do roteiro em questão. O que deixa os demais aplicativos com a possibilidade de visualizar experiências químicas sem a necessidade de um laboratório completo, tornando mais acessível as interações com os instrumentos e as possibilidades de experimentos.

A partir do comparativo das características, é possível perceber que o trabalho proposto terá relevância social permitindo aos estudantes o acesso a um aplicativo gratuito que utiliza a Realidade Aumentada para o aprendizado dos principais equipamentos utilizados em um laboratório de química. Além disso possibilitando a visualização de simulações de experimentos químicos, elaborado em conjunto com a equipe de química do projeto Habitat. Equipe que congrega professores de educação básica, formadores de professores e acadêmicos, em um espaço híbrido direcionado à formação docente. Como esta equipe possui acesso a escolas e professores que ministram aulas de química no ensino médio, acredita-se ser possível avaliar a qualidade do aplicativo e validar sua eficácia no aprendizado.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos do aplicativo são:

- a) permitir o uso da câmera do aparelho (RF);
- b) associar o marcador físico com o objeto virtual (RF);
- c) permitir a visualização em 3D das principais vidrarias de um laboratório (RF);
- d) permitir a visualização de algumas reações químicas (RF);
- e) exibir a explicação de cada recipiente (RF);
- f) possuir perguntas sobre a aplicação de cada vidraria (RF);
- g) ser desenvolvido para plataforma Android (Requisito Não Funcional - RNF);
- h) ser desenvolvido em língua portuguesa (RNF);
- i) possuir um bom desempenho (RNF);
- j) possuir interface de fácil utilização (RNF);
- k) utilizar o Vuforia para integrar a Realidade Aumentada (RNF);
- l) utilizar o Blender para a modelagem dos objetos (RNF);
- m) utilizar o motor de jogos Unity para seu desenvolvimento (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: realizar levantamento bibliográfico sobre vidrarias, modelagem 3D, desenvolvimento de realidade aumentada com o Unity e trabalhos correlatos;
- b) elicitação de requisitos: com base no levantamento bibliográfico e nos objetivos do trabalho em questão, reavaliar e, se necessário, ajustar os requisitos;
- c) seleção das vidrarias: realizar a seleção das principais vidrarias de laboratório;
- d) modelagem de diagramas: realizar a modelagem do diagrama de classes, de sequência e atividade a serem utilizados no projeto seguindo os padrões Unified Modeling Language (UML) com a ferramenta StarUML;
- e) modelagem 3D: realizar modelagem 3D das vidrarias selecionadas na etapa (c), utilizando o Blender;
- f) desenvolvimento: implementação do aplicativo seguindo a modelagem e os requisitos levantados, desenvolvendo em C# utilizando o motor de jogos Unity em conjunto com o Vuforia;
- g) testes com usuários: efetuar testes de usabilidade com o público-alvo em conjunto com o projeto Habitat.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	2024									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elicitación de requisitos										
seleção das vidrarias										
modelagem de diagramas										
modelagem 3D										
desenvolvimento										
testes com usuários										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão abordados alguns assuntos que fundamentarão o trabalho, iniciando com o uso da tecnologia no âmbito educacional, prosseguindo para a Realidade Aumentada.

4.1 USO DA TECNOLOGIA NO ÂMBITO EDUCACIONAL

Há décadas o mundo vem experimentando um rápido avanço tecnológico, processo esse que trouxe grandes impactos sobre como forjamos nossa realidade. Logo, sendo tão marcante, o desenvolvimento tecnológico não poderia deixar de influenciar um setor muito relevante: a educação (RIBEIRO; GRECA, 2003). Dessa forma, os smartphones destacam-se na área educacional por serem acessíveis para grande parte dos jovens (FONSECA, 2013). Assim pode-se destacar além da versatilidade e acessibilidade, outras características que favorecem o uso dos dispositivos móveis (KUKULSKA-HULME *et al.*, 2009), como:

- permanência: os documentos podem permanecer reproduzíveis em múltiplas plataformas;
- rapidez: pode-se obter qualquer informação de forma instantânea, a qualquer momento;
- interatividade: o utilizador mantém uma relação interativa e bijetora;
- facilidade de uso: o usuário consegue, na maioria das vezes, utilizá-los de modo fácil.

4.2 REALIDADE AUMENTADA

Já a Realidade Aumentada (RA) é uma vertente da Realidade Virtual (RV). Enquanto o propósito da RV é imergir o usuário completamente em um ambiente sintético, na RA, o objetivo é complementar a realidade, adicionando informações virtuais em conjunto com o mundo real. Ou seja, na RA predominam os elementos do mundo real, mas, a percepção do usuário é aumentada por dados virtuais (AZUMA, 1997).

A Figura 4 mostra o contínuo de realidade na computação (MILGRAM *et al.*, 1994), que é uma maneira de entender diferentes tecnologias e experiências imersivas em um espectro contínuo, em vez de categorizá-las como simplesmente “realidade” ou “virtualidade”. Ele abrange uma variedade de estados intermediários, onde elementos do mundo real e do mundo virtual se misturam. No ponto mais extremo do contínuo da realidade, tem-se a realidade física, onde as experiências são completamente baseadas no mundo real. No ponto mais extremo oposto, demonstra a realidade virtual, onde as experiências são totalmente geradas por computador e não têm conexão direta com o mundo real.

Figura 4 – Contínuo de Realidade-Virtualidade



Fonte: Milgram *et al.* (1994).

Azuma (1997) definiu componentes essenciais que um sistema deve ter para ser considerado de Realidade Aumentada (RA), dentre eles a interatividade em tempo real. Dessa forma, apesar de filmes como Jurassic Park trazerem uma combinação de elementos reais e virtuais, eles não podem ser incluídos na RA por não oferecer ao usuário nenhuma interação. Um sistema de interação de RA consiste no reconhecimento, quando o software capta pontos de referência e, no rastreamento, quando a mídia desejada é sobreposta ao mundo real, digitalmente. Segundo Amin e Govilkar (2015) é possível dividir esse sistema em:

- a) sistema de RA baseado em marcadores: a câmera reconhece pontos de referência físicos (imagens, corpos ou espaços) para que o dispositivo possa estimar a posição, orientação e movimento do objeto virtual. Na Figura 2 é apresentado um sistema de RA que utiliza os pontos de um QRcode como marcador;
- b) sistema de RA sem marcadores: o sistema usa uma combinação de recursos para determinar a posição geográfica e a orientação do dispositivo e permitir que as informações sejam apresentadas de acordo com o programa proposto. É popular em smartphones pois possuem recursos como compassos, acelerômetros e sistema de posicionamento global (Global Positioning System - GPS).

REFERÊNCIAS

- AMIN, Dhiraj; GOVILKAR, Sharvari. **Comparative study of augmented reality sdk's**. International Journal on Computational Sciences & Applications, New Panvel, v. 5, n. 1, p. 11-15. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276855764_Comparative_Study_of_Augmented_Reality_Sdk's. Acesso em: 25 set. 2023.
- AZUMA, Ronald T. **A Survey of Augmented Reality**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Cambridge, v. 06, n. 04, p. 355-385. 1997. Disponível em: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 25 set. 2023.
- CETIC. **Alunos que acessam a internet pelo telefone celular, por tipo de conexão**. 2022. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/educacao/2022/alunos/B7/>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- DELIZOICOV, D. **Ensino de Física e a concepção freireana da educação**. Revista de Ensino de Física, v. 5, n. 2, p. 85-98, 1983.
- FONSECA, Ana Graciela M. F. **Aprendizagem, mobilidade e convergência: Mobile Learning com Celulares e Smartphones**. 2013. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/midiaecotidiano/article/view/9685/6809>. Acesso em: 25 set. 2023.
- FUTUCLASS. **Futuclass Chemistry and Physics VR lessons**. 2021. Disponível em: <https://futuclass.com>. Acesso em: 25 out 2023.
- INEP. **Noventa e cinco por cento das escolas de ensino médio têm acesso à internet, mas apenas 44% têm laboratório de ciências**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/dados-do-censo-escolar--noventa-e-cinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-mas-apenas-44-tem-laboratorio-de-ciencias#:~:text=Enquanto%20o%20acesso%20%C3%A0%20internet,%2C2%25%20na%20rede%20privada>. Acesso em: 25 set. 2023.
- KUKULSKA-HULME, Agnes; SHARPLES, Mike; MILRAD, Marcelo; ARNEDILLO-SÁNCHEZ, Inmaculada; VAVOULA, Giasemi. **Innovation in Mobile Learning: A European Perspective**. International Journal of Mobile and Blended Learning, p. 13-35. 2009. Disponível em: http://oro.open.ac.uk/12711/1/IJMBL_pre-print_19_Dec_2008.pdf. Acesso em 25 set. 2023.
- LOPEZ, Cristina Correa Barata; CHAVEZ, Edson Valente. **Animação como recurso didático no ensino da química: capacitando futuros professores**. Revista Educitec, Manaus, v. 04, n. 07, p. 135-151. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325567333_Animacao_como_recurso_didatico_no_ensino_da_quimica_a_capacitando_futuros_professores. Acesso em: 25 set. 2023.
- MILGRAM, Paul; TAKEMURA, Haruo; UTSUMI, Akira; KISHINO, Fumio. **Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum**. Telemanipulator and Telepresence Technologies, v. 2351, p. 282-292. 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paul-Milgram/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_reality-virtuality_continuum/links/0c96052ade63de29c0000000/Augmented-reality-A-class-of-displays-on-the-reality-virtuality-continuum.pdf. Acesso em: 25 set. 2023.
- QUEIROZ, Altamira Souza; OLIVEIRA, Cícero Marcelo; REZENDE, Flávio Silva. **Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático**. Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação, Três de Maio, v. 01, n. 02, p. 1-2. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274962932_Realidade_Aumentada_no_Ensino_da_Quimica_Elaboracao_e_Avaliacao_de_um_Novo_Recurso_Didatico. Acesso em: 25 set. 2023.
- RIBEIRO, Angela A.; GRECA, Ileana M. **Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química**. Química Nova, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 542-549. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Xp6YYB8pLVJwQRn9hBXDYsK/?lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2023.

SILVA, Corrêa. **QuimicAR**: O uso da Realidade Aumentada no Ensino Experimental de Química. 2019. Disponível em: https://www.lite.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/114/2019/10/04_Utiliza%C3%A7%C3%A3oRA_Silva.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

TAVARES, Ricarte; SOUZA, Rodolpho Ornitz Oliveira; CORREIA, Alayne de Oliveira. **Um estudo sobre a “TIC” e o ensino da química**. Revista GEINTEC, São Cristóvão, v. 3, n. 5, p.155-167. 2013. Disponível em: <http://revistageintec.net/index.php/revista/article/viewFile/296/346>. Acesso em: 25 set. 2023.

THIX. **Chemist**, laboratório químico portátil. 2017 Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=air.thix.sciencesense.chemist&hl=pt_PT&gl=US. Acesso em: 25 out. 2023.

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. 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/32457870/O_USO_DE_TECNOLOGIAS_NO_ENSINO_DE_QU%C3%8DMICA_A_EXPERI%C3%8ANCIA_DO_LABORAT%C3%93RIO_VIRTUAL_QU%C3%8DMICA_F%C3%81CIL_THE_USE_OF_TECHNOLOGY_IN_CHEMISTRY_TEACHING_THE_EXPERIENCE_OF_VIRTUAL_CHEMISTRY_LABORATORY_LABORAT%C3%93RIO_VIRTUAL_QU%C3%8DMICA_F%C3%81CIL_LVQF. Acesso em: 25 set. 2023.