

**ATENÇÃO:** aqui constam somente as páginas que tinham alguma anotação na revisão.

## **RVI-MOLECULES - ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR DE QUÍMICA COM BASE EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA E ILUSÃO DE ÓTICA– BCC**

**Leonardo Rovigo, Dalton Solano dos Reis – Orientador**

Curso de Bacharel em Ciência da Computação

Departamento de Sistemas e Computação

Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brasil

lrovigo@furb.br, dalton@furb.br

**Resumo:** Este artigo descreve o desenvolvimento e testes de um aplicativo com o objetivo de apresentar conteúdo e exercícios sobre moléculas químicas e suas estruturas com o uso de realidade virtual e ilusão de ótica para auxiliar no aprendizado. O aplicativo foi desenvolvido utilizando o Unity como motor gráfico e a biblioteca da Oculus Integration responsável pela parte de realidade virtual. Para validar a funcionalidade do aplicativo foram realizados testes com usuários acostumados com a realidade virtual e usuários professores do curso de ciências da computação e química que não possuíam experiência com a realidade virtual. Por fim, realizadas essas validações, foi verificado que o aplicativo cumpre seu objetivo.

**Palavras-chave:** Ciência da computação, Realidade virtual, Unity, Oculus Integration, Química.

### **1 INTRODUÇÃO**

A forma como é apresentado o conteúdo de química para os estudantes têm um grande impacto no quanto eles irão aprender sobre o assunto, como é explicado por Santos *et al.* (2013). Quando são passados apenas informações que precisam ser memorizadas sem que haja algum tipo de interação, o processo acaba se tornando maçante e pode chegar a deixar os alunos desmotivados (SANTOS *et al.*, 2013). Para tentar fugir dessa perspectiva de memorização de conteúdo sem interação, a utilização da realidade virtual e da ilusão de ótica podem servir como alternativas para deixar o aluno mais motivado.

A realidade virtual como explicado por Kirner e Tori (2006) é uma interface que permite o usuário interagir e se movimentar em um ambiente tridimensional em tempo real podendo utilizar sensores ou outros dispositivos para atuar ou receber uma resposta da aplicação. A realidade virtual pode ser classificada de duas formas: não-imersiva e imersiva. A realidade virtual não-imersiva faz o usuário se sentir parcialmente dentro da aplicação. Já a realidade virtual imersiva consiste em fazer o usuário se sentir completamente dentro do mundo virtual podendo utilizar equipamentos como capacetes de realidade virtual, geralmente oferecendo aplicações mais realistas e mais precisas (KIRNER; TORI; 2006).

Já a ilusão de ótica é um conceito que utiliza os sentidos para alterar a forma como é percebido algum objeto, como explica Bevílaqua (2010) ao afirmar que tudo que é percebido não depende somente da realidade, mas sim de como ela é percebida através dos órgãos sensoriais e do sistema nervoso. As ilusões de ótica podem ser utilizadas para atrair a atenção dos alunos ao conteúdo, como demonstram Iavorski e Saito (2014) ao descrever que os estudantes ficaram impressionados e que começaram a interagir com a imagem na qual foi aplicada a anamorfose.

Santos *et al.* (2013) explicam que a utilização de diversas metodologias e estratégias favorecem à motivação e participação dos alunos e que isso pode contribuir para uma aprendizagem mais efetiva. Assim pode-se notar que existe uma necessidade de disponibilizar o conteúdo de ensino de uma forma mais interativa.

Com isso, o objetivo **1** do trabalho proposto é apresentar conteúdo e exercícios sobre moléculas químicas e suas estruturas com o uso de realidade virtual e ilusão de ótica. Os objetivos específicos são: utilizar a realidade virtual para **2** apresentar o conteúdo, criar um exercício utilizando a realidade virtual e validar a resposta do exercício utilizando ilusão de ótica.

### **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nesta seção é apresentada uma fundamentação aos temas abordados no artigo. A primeira seção abordará o tema da química, átomos e moléculas. Já a segunda trata sobre a realidade virtual. A terceira se refere a ilusão de ótica. E por último há três trabalhos correlatos ao trabalho apresentado neste artigo.

#### **2.1 QUÍMICA**

A química é a ciência da matéria e de suas mudanças. Assim nenhum material independe da química, o que implica que ela é uma ciência de extrema importância. Visto que está presente desde os tempos antigos, como por exemplo na transformação de minérios em metais (ATKINS, 2018). Na química existem vários conceitos importantes, dois deles seriam os átomos que são a menor parte possível da matéria, e as moléculas que são um grupo de átomos ligados de uma



Atualmente existem diversos equipamentos que permitem o usuário se sentir dentro do mundo virtual, um exemplo é o Oculus Quest 2 (Figura 5). Esse equipamento é um capacete de realidade virtual que permite que o usuário interaja com o ambiente virtual através de dois controles que são observados pelas diversas câmeras que estão espalhadas em volta do capacete. A utilização dos capacetes de realidade virtual pode causar diversas reações desconfortáveis no usuário para essas reações é dado o nome de *Motion Sickness*. Essas situações ocorrem geralmente quando há uma movimentação dentro da aplicação, porém o usuário está parado (PATRÃO; PEDRO; MENEZES, 2015), como exemplo pode ser usando aplicações que permitem o usuário dirigir um carro, nesse caso o usuário está 1 no mundo real e no mundo virtual o carro está se movimentando.

parado

Figura 5 - Oculus Quest 2



Fonte: elaborado pelo autor.

### 2.3 ILUSÃO DE ÓTICA

A parede do olho humano é formada por 3 camadas. A camada externa que é fibrosa e inclui a córnea, o epitélio córneo, a conjuntiva e a esclera. A camada média que é vascular e nela estão a íris e a coroide. Por fim a camada interna que é inervada e nela está a retina (Silva *et al.*, 2019).

O sistema visual detecta e interpreta ondas eletromagnéticas chamadas de fôtons. Na retina há fotorreceptores que captam as informações e enviam para o sistema nervoso central. A formação de uma imagem através da visão funciona da seguinte forma, a energia luminosa que chega na retina é convertida em impulsos elétricos e enviada ao cérebro e lá são formados diversos padrões de formas claras e escuras que são sobrepostas e a partir da comparação e interpretação dessas formas temos a visão (Silva *et al.*, 2019).

A percepção é uma simulação do mundo criada através dos sentidos e das experiências de cada pessoa. Quando a percepção não corresponde à realidade surge uma ilusão. As ilusões ópticas são situações que enganam o cérebro por um momento fazendo com que ele capte ideias falsas (Silva *et al.*, 2019). Entre as diversas formas de gerar uma ilusão de ótica existe a anamorfose. A anamorfose pode ser considerada uma técnica utilizada para deformar a imagem para que o observador consiga ver ela da forma correta apenas de um determinado ponto de vista (IAVORSKI, 2014). Um exemplo de anamorfose pode ser observado na Figura 6, na parte esquerda da imagem pode ser observado um globo em 3D e na parte da direita pode ser observado o globo em sua forma deformada.

Figura 6 - Anamorfose aplicada em um globo



Fonte: Beever (2020).

## 2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos correlatos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. O primeiro é um aplicativo que demonstra moléculas químicas e suas ligações através da realidade aumentada (PINTO; PILAN; ALMEIDA, 2018). Já o segundo é um aplicativo que disponibiliza informações em realidade aumentada sobre os elementos da tabela periódica (GUIMARÃES *et al.*, 2018). Por fim o terceiro é um aplicativo que demonstra elementos químicos e modelos atômicos em realidade aumentada e a tabela periódica e suas informações (QUEIROZ; DE OLIVEIRA; REZENDE, 2015).

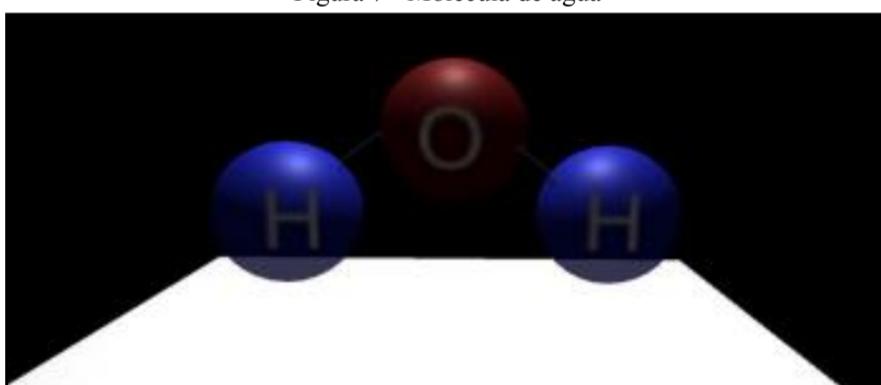
Quadro 1 – Desenvolvimento de um aplicativo para ensino de química usando realidade aumentada

Referência	Pinto, Pilan e Almeida (2018)
Objetivos	Criar um aplicativo para smartphones usando a realidade aumentada aplicada ao ensino de química e criar uma maneira de observar e estudar moléculas químicas mais interativa.
Principais funcionalidades	Permite realizar a colisão entre duas moléculas em realidade aumentada e com isso criar uma molécula.
Ferramentas de desenvolvimento	Foi utilizado o Unity 2018, Vuforia e a linguagem c#
Resultados e conclusões	Pinto, Pilan e Almeida (2018) comentam que o Unity e o Vuforia foram excelentes ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos com ambientes em realidade aumentada e que esperam que o aplicativo consiga melhorar o processo de aprendizagem como uma ferramenta extra ao ensino.

Fonte: elaborado pelo autor.

Pinto, Pilan e Almeida (2018) iniciaram sua implementação fazendo a modelagem de algumas moléculas químicas em um ambiente virtual sem a utilização da realidade aumentada. Após a modelagem foi adicionado a parte de realidade aumentada no aplicativo e implementado processos em C#. Por fim na Figura 7 pode ser observado o resultado do desenvolvimento do aplicativo que demonstra uma molécula de água ( $H_2O$ ) criada colidindo outras moléculas.

Figura 7 - Molécula de água



Fonte: Pinto, Pilan e Almeida (2018).

1 trabalho desenvolvido.

2 O quadro deve ser citado no texto.

3 Ver qual é o certo .. o 2 em cima ou em baixo.

4 No texto aparece das duas formas.

5 O quadro deve ser citado no texto.

Quadro 2 - Tabela periódica com realidade aumentada aplicada no processo de ensino e aprendizagem de química

Referência	Guimarães <i>et al.</i> (2018)
Objetivos	Criar um aplicativo acessível que utiliza a realidade aumentada para auxiliar na aprendizagem sobre elementos da tabela periódica.
Principais funcionalidades	Apresentar as informações dos elementos da tabela periódica e visualizar o elemento em 3D utilizando a realidade aumentada.
Ferramentas de desenvolvimento	Foi utilizado o Unity3D, Vuforia, SketchUp e o Blender.
Resultados e conclusões	Guimarães <i>et al.</i> (2018) explicam que as ferramentas tecnológicas podem proporcionar resultados significativos no processo de ensino e como trabalho futuro pretendem utilizar o aplicativo criado em uma instituição de ensino para verificar as contribuições dele no contexto escolar.

Fonte: elaborado pelo autor.

Guimarães *et al.* (2018) desenvolveram o aplicativo utilizando o Unity3D e o Vuforia para cuidar das partes de desenvolvimento e realidade aumentada. Para a parte de modelagem foram utilizados dois aplicativos o SketchUp e o Blender. Com isso conseguiram criar sua aplicação que com a leitura de marcadores apresentam o resultado demonstrado na Figura 8.

1

Figura 8 - Leitura dos marcadores e apresentação dos elementos



Fonte: Guimarães *et al.* (2018).

resultado  
(Figura 8).

2

Quadro 3 - Realidade aumentada no ensino da química: elaboração e avaliação de um novo recurso didático

Referência	Queiroz, de Oliveira e Rezende (2015)
Objetivos	Desenvolver um software educativo para auxiliar no ensino de química e demonstra que a informática pode ajudar no aprendizado.
Principais funcionalidades	Apresentar a tabela periódica e informações sobre ela, além disso demonstra elementos químicos e seus modelos atômicos em realidade aumentada.
Ferramentas de desenvolvimento	Foram utilizados o ARToolkit e a linguagem C.
Resultados e conclusões	Queiroz, de Oliveira e Rezende (2015) realizaram um questionário com diversos alunos que utilizaram o software, com isso chegaram à conclusão que a inovação ao utilizar a realidade aumentada gerou mais interesse nos alunos.

Fonte: elaborado pelo autor.

O quadro deve ser citado no texto.

Para desenvolver a sua aplicação Queiroz, de Oliveira e Rezende (2015) explicam que utilizaram o ArToolkit e que ele exige diversas bibliotecas para seu funcionamento como a DSVideo, Glut e OpenGL. Estas bibliotecas podem ser obtidas no site do ARToolkit. Com isso os Autores chegaram no resultado demonstrado na Figura 9 que demonstra alguns elementos que são abrangidos pela aplicação e um exemplo do funcionamento da parte de realidade aumentada.

Figura 9 - Elementos implementados e exemplo de funcionamento



Fonte: Queiroz, de Oliveira e Rezende (2015).

resultado da Figura 9

4

3 trabalhos de RA.

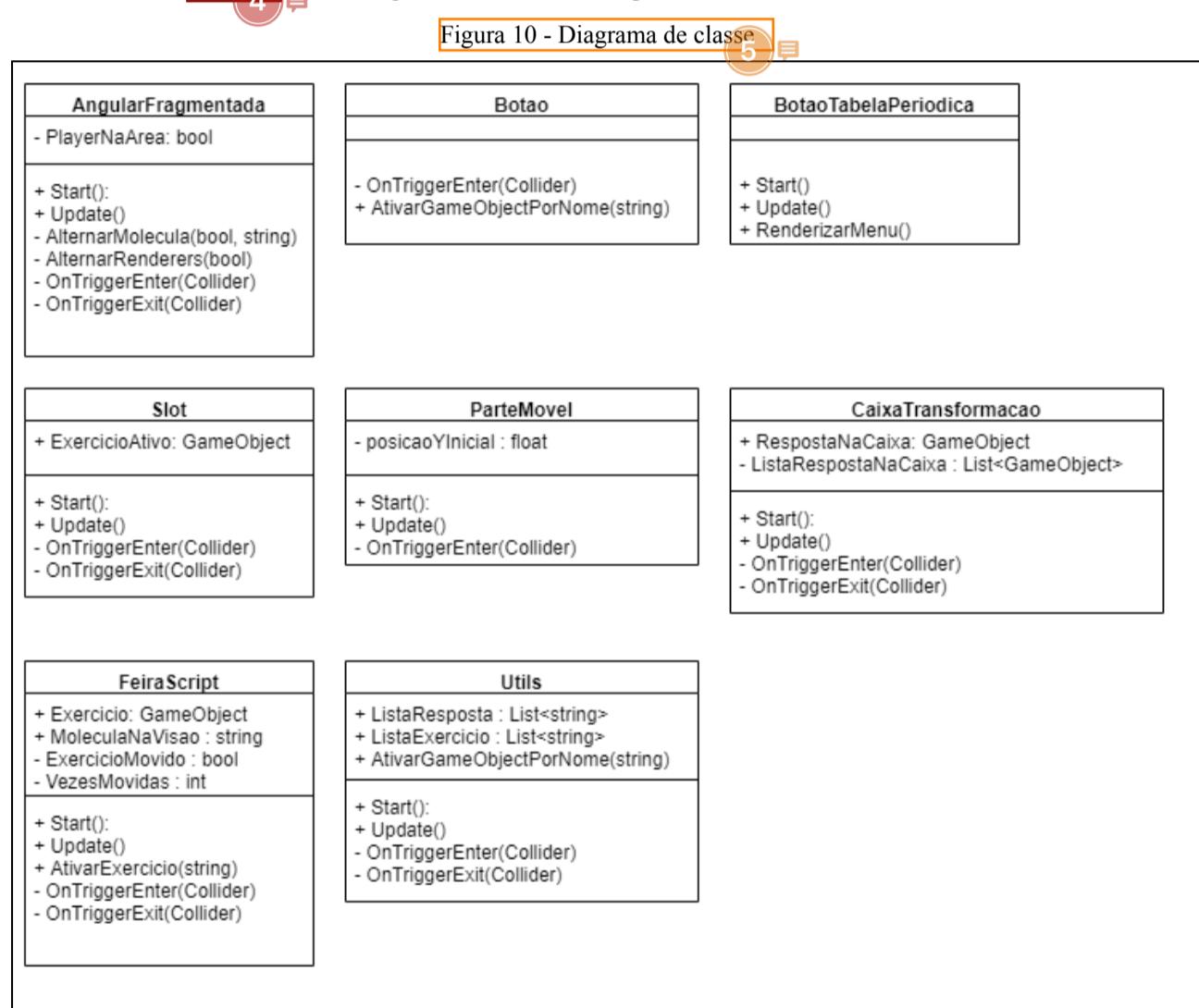
Poderia ser 2 de RVi e 1 de Oculus Quest.

### 3 DESCRIÇÃO DO APLICATIVO

Este capítulo pretende apresentar os detalhes de especificação e implementação do aplicativo. Assim serão apresentadas duas seções. A primeira seção apresenta um diagrama de classe dos scripts e os requisitos do aplicativo. A segunda seção apresenta o que foi implementado, mostrando o código fonte além de detalhar sobre a utilização do aplicativo.

#### 3.1 ESPECIFICAÇÃO

O aplicativo desenvolvido disponibiliza ao usuário uma aplicação em realidade virtual que possibilita o aprendizado sobre moléculas químicas através da interação com a tabela periódica e da utilização da anamorfose. Para detalhar sobre os scripts utilizados pode ser observada a Figura 10.



Fonte: elaborador pelo autor.

Por fim, para desenvolver o aplicativo foram listados os seguintes requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF):

- a) utilizar a anamorfose para esconder várias moléculas em uma cena (RF);
- b) permitir que o usuário se movimente no espaço virtual (RF);
- c) permitir que o usuário pegue objetos com os controles (RF);
- d) permitir que o usuário escolha um exercício utilizando a tabela periódica (RF);
- e) permitir que o usuário amplie o texto utilizando o projetor (RF);
- f) permitir que o usuário responda o exercício colocando uma molécula na caixa e apertando um botão (RF);
- g) permitir que o usuário verifique sua resposta achando a molécula na cena (RF);
- h) disponibilizar uma dica sobre como é construída a molécula para que seja encontrado mais facilmente (RF);
- i) utilizar o Unity e a linguagem de programação C# para desenvolver o aplicativo (RNF);
- j) utilizar a biblioteca da Oculus para implementar a realidade virtual (RNF);

1 Esta seção

2 Itálico.

3 virtual imersiva que

4 scripts  
Fonte normal  
Itálico

5 Explicar num texto após a figura o que aparece na figura.  
Aumentar esta seção .. diagrama de sequência ??

6 Requisitos Funcionais

7 Requisitos Não Funcionais

8 esconder moléculas

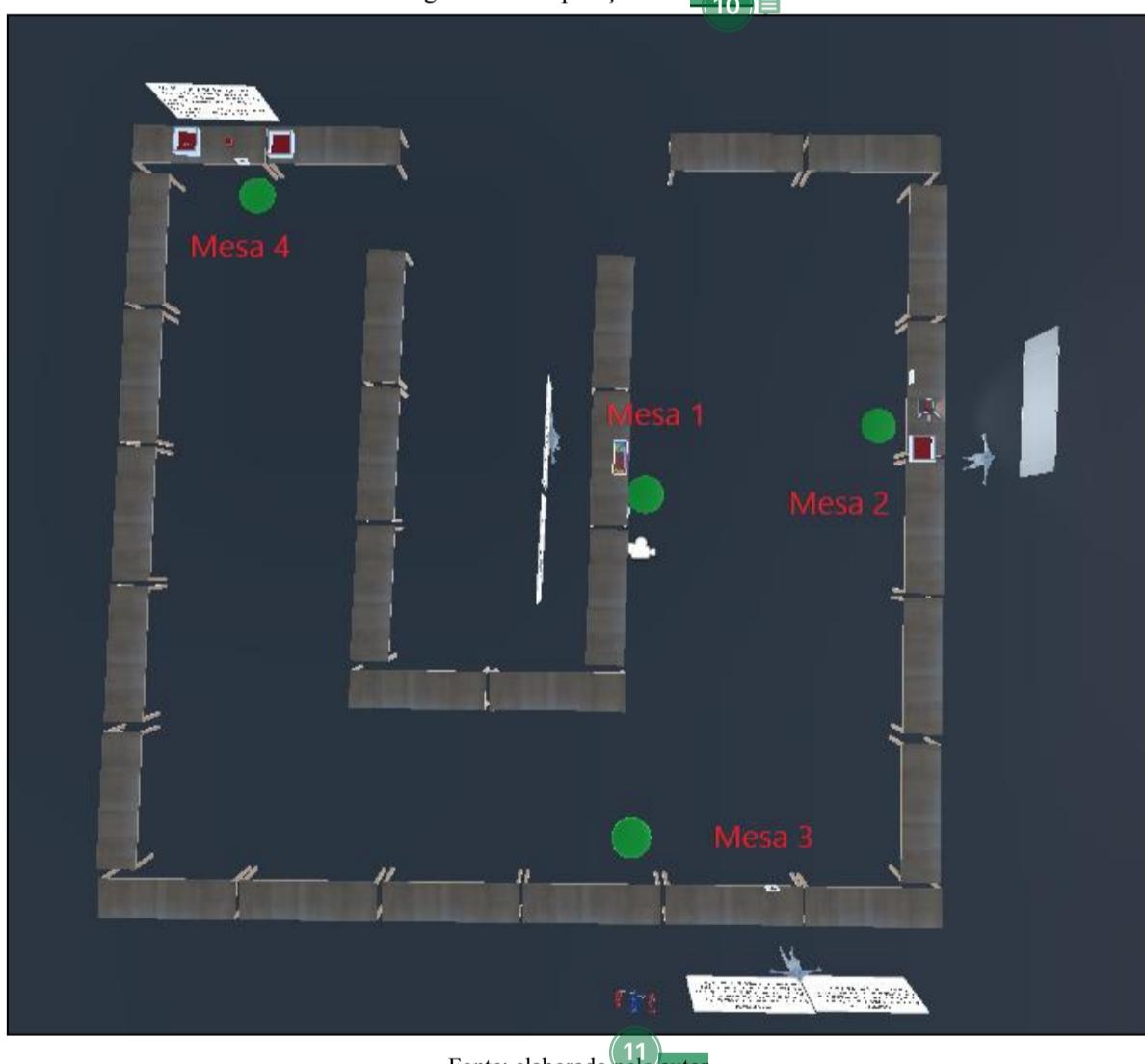
- 1 Fonte courier new.  
Mesas
- 2 Fonte courier new.  
Mesa
- 3 Mesa 1  
Fonte courier new.
- 4 controle do Oculus, exibir
- 5 Mesa 2  
Fonte courier new.
- 6 Mesa 3  
Fonte courier new.
- 7 Mesa 4  
Fonte courier new.
- 8 Mesas.
- 9 geral das suas disposições.
- 10 Mesas  
Fonte courier new.
- 11 Ponto final.
- 12 Mesa  
Fonte courier new.
- 13 periódica.  
Também
- 14 Itálico.

- k) utilizar o Blender como uma das ferramentas para fazer a modelagem em 3D (RNF);  
l) utilizar o Blender para aplicar a anamorfose nas moléculas (RNF).

### 3.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para implementar o aplicativo foi utilizada a linguagem de programação C#, a ferramenta de desenvolvimento Unity e a biblioteca de desenvolvimento em realidade virtual Oculus Integrations. O aplicativo foi dividido em quatro partes que são nomeadas de mesas, cada mesa possui sua funcionalidade. A mesa um tem a funcionalidade de mostrar as instruções referentes ao controle, exibir a tabela periódica e permitir selecionar um Exercício. Na mesa dois há um projetor para ampliar os passos do exercício e uma caixa com as opções de resposta. Na mesa três existe uma breve explicação sobre anamorfose e uma área onde o usuário deve identificar a molécula escondida com a anamorfose. Por fim, na mesa quatro há duas caixas uma para o usuário colocar a molécula escolhida e outra para entregar ao usuário uma representação física da molécula caso sua resposta ao exercício esteja certa. Para entender melhor a disposição das mesas é possível observar a Figura 11 que demonstra uma visão geral da disposição das mesas.

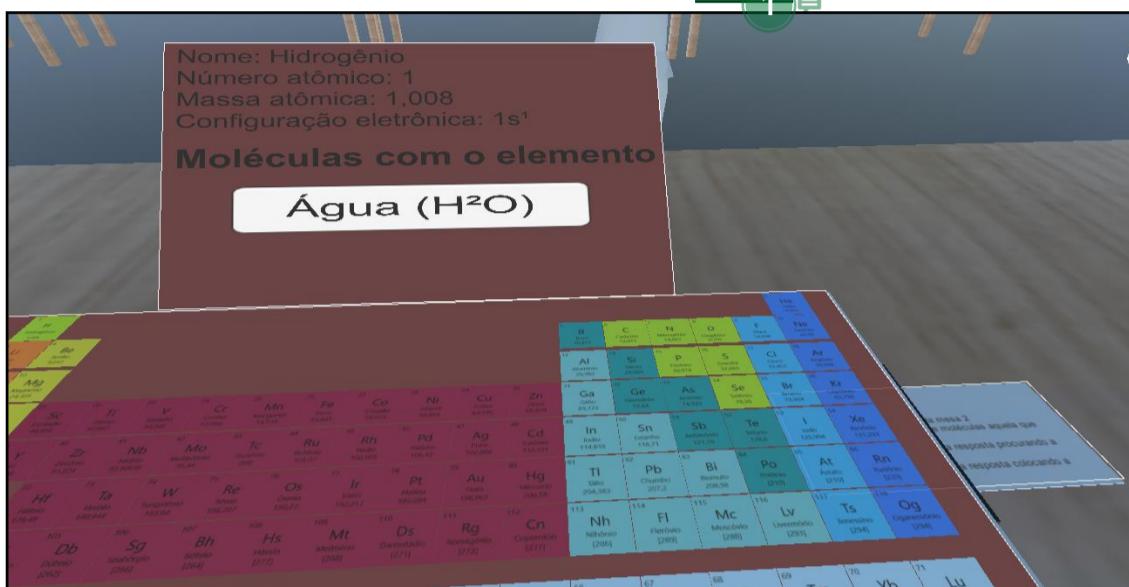
Figura 11 - Disposição das mesas



Fonte: elaborado pelo autor

- 13 Para desenvolver a primeira mesa foram usados alguns canvas para mostrar os controles e para construir a tabela periódica, também foram criados diversos scripts em C# para realizar o controle de visibilidade dos menus. Para utilizar as funcionalidades da mesa um o usuário deve utilizar o controle direito para apontar para a tabela periódica e com o trigger do controle direito deve selecionar um elemento, assim será mostrado a ele um exercício referente ao elemento e a molécula que foi selecionada como consta na Figura 12.

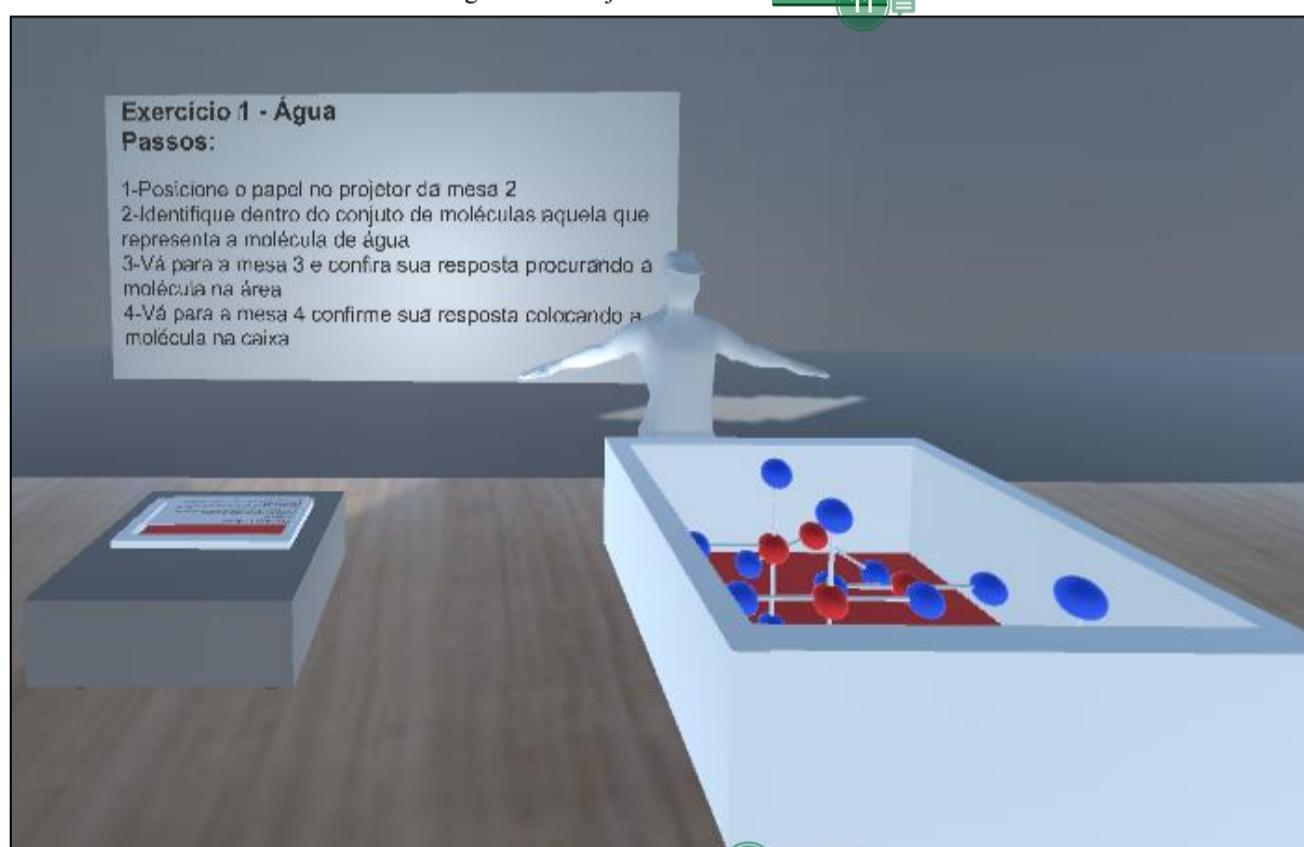
Figura 12 - Tabela periódica da mesa um



Fonte: elaborado pelo autor

No desenvolvimento da segunda mesa foi criado, utilizando os próprios objetos do Unity, um modelo de projetor e um modelo de caixa. Ao colocar a ficha do exercício no projeto ele transfere os textos da ficha para um canvas e mostra todas as moléculas necessárias como demonstrado na Figura 13. Para chegar nesse comportamento foi utilizado um script com o código do Quadro 4 que é executado quando a ficha do exercício entra em contato com a parte vermelha do projetor.

Figura 13 - Projetor e caixa da mesa dois



Fonte: elaborado pelo autor

Mesa 1

Fonte courier new.

Ponto final.

Mesa 2

Fonte courier new.

criado utilizando

Unity, mais um modelo de projetor e de caixa.

projetor -> fonte courier new.

caixa -> fonte courier new.

Fonte courier new.

Fonte courier new.

necessárias (Figura 13).

Itálico.

Fonte courier new.

Mesa 2

Fonte courier new.

Ponto final.

1

Quadro 4 - Métodos para transferir o texto para o projetor e ativar as moléculas

```
private void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    if (Utils.ListaExercicio.Contains(other.name))
    {
        var exercicio = other.gameObject;
        Text titulo = exercicio.transform.FindChildRecursive("Titulo").gameObject.GetComponent<Text>();
        Text texto = exercicio.transform.FindChildRecursive("Text").gameObject.GetComponent<Text>();
        var telaProjetor = GameObject.Find("TelaProjetor");

        telaProjetor.transform.Find("Titulo").GetComponent<Text>().text = titulo.text;
        telaProjetor.transform.Find("Text").GetComponent<Text>().text = texto.text;

        AtivarGameObjectPorNome("Angular_Small");
        AtivarGameObjectPorNome("Linear_Small");
        AtivarGameObjectPorNome("EmT_Small");
        AtivarGameObjectPorNome("QuadradoPlanar_Small");
        AtivarGameObjectPorNome("TrigonalPlana_Small");
        AtivarGameObjectPorNome("AreaExercicioH2O");
        ExercicioAtivo = other.gameObject;
    }
}

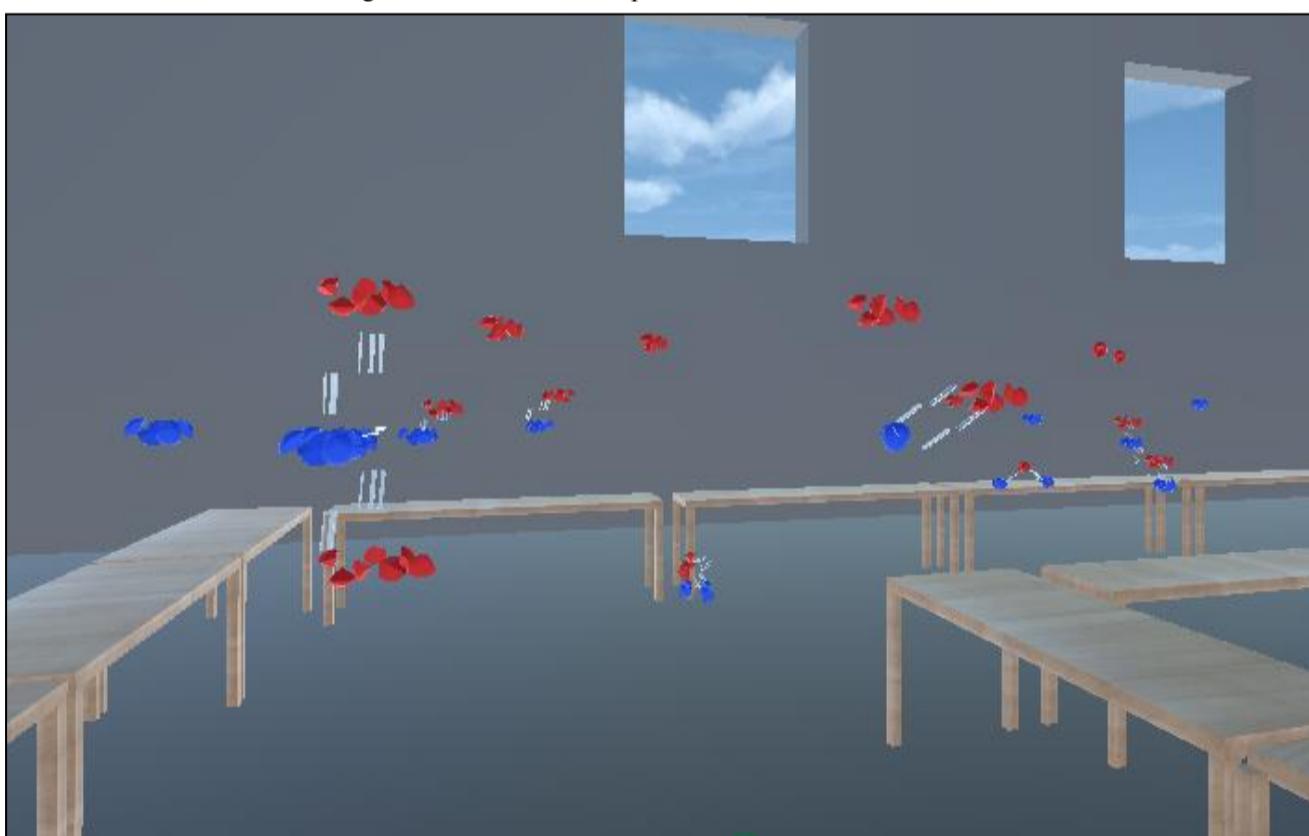
public static void AtivarGameObjectPorNome(string nomeGameObject)
{
    var gameObject = Resources.FindObjectsOfTypeAll<GameObject>().Where(p => p.name == nomeGameObject).FirstOrDefault();
    gameObject.SetActive(true);
}
```

1  
Explicar um pouco o código do Quadro 4.

Fonte: elaborado pelo autor

Para o desenvolvimento da terceira mesa foram utilizados alguns canvas com informações sobre anamorfose e diversas moléculas fragmentadas para compor a área na qual é escondida a resposta do exercício como demonstrado na Figura 14. Nesse desenvolvimento foram utilizados diversos colliders e um script, com o código do Quadro 5, para permitir que seja substituída a molécula aplicada a anamorfose pela molécula sem a ilusão com a finalidade de facilitar a visualização.

Figura 14 - Área com a resposta escondida com anamorfose



Fonte: elaborado pelo autor

2  
Ponto final.

3  
Mesa 3

4  
Itálico.

5  
exercício (Figura 14).

6  
utilizados colliders e

7  
ilusão, com

8  
Ponto final.

1

Quadro 5 - Código para alternar a visibilidade da molécula dependendo da colisão dos colliders.

```
void Update()
{
    var fragmentadaEmPosicao = FeiraScript.MoleculaNaVisao == "AngularFragmentada" && PlayerNaArea;
    AlternarRenderers(fragmentadaEmPosicao);
    AlternarMolecula(fragmentadaEmPosicao, "Angular_Small_Static");
}

private void AlternarMolecula(bool fragmentadaEmPosicao, string nome)
{
    var molecula = Resources.FindObjectsOfTypeAll<GameObject>().Where(p => p.name == nome).FirstOrDefault();
    molecula.SetActive(fragmentadaEmPosicao);
}

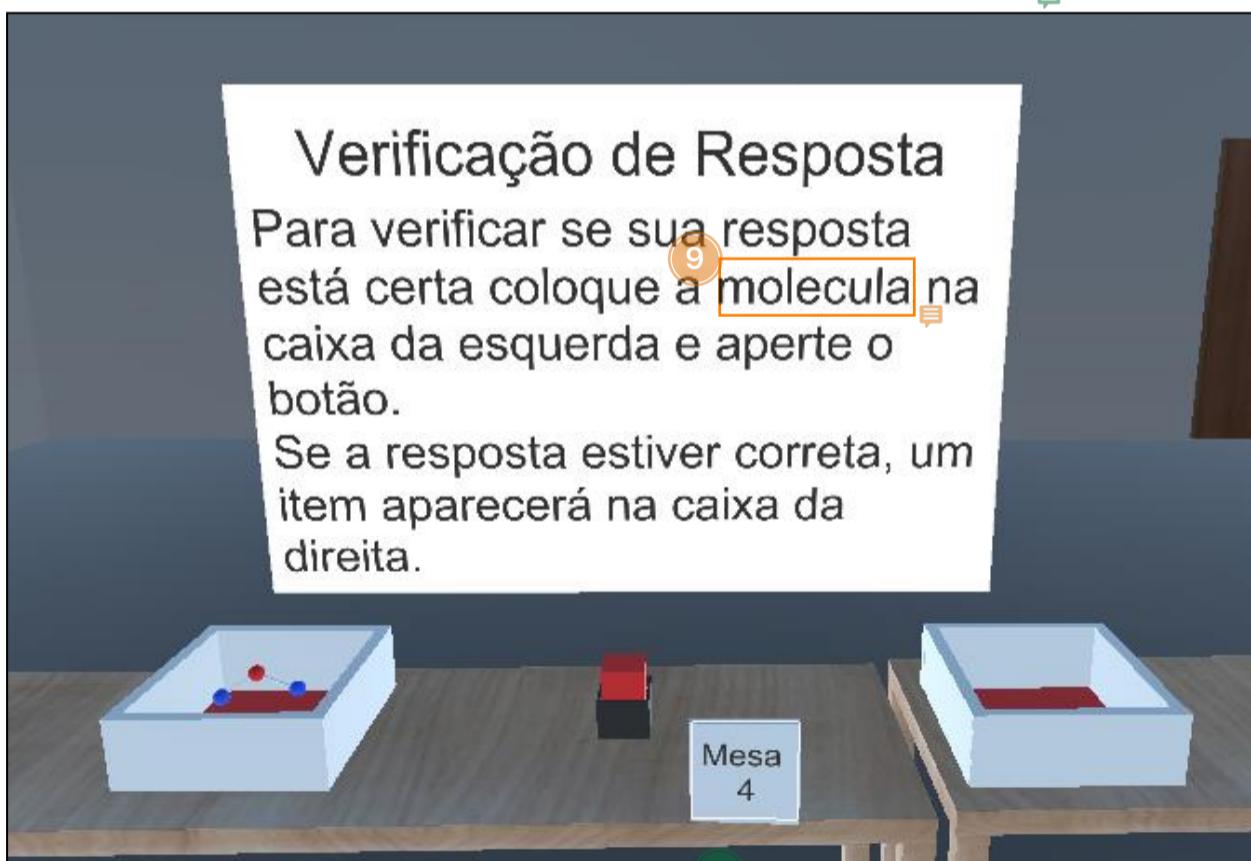
private void AlternarRenderers(bool fragmentadaEmPosicao)
{
    foreach (var render in GetComponentsInChildren<Renderer>())
        render.enabled = !fragmentadaEmPosicao;
}

private void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    if (other.transform.gameObject.name == "OVRPlayerController" && other.GetType().Name == "CharacterController")
    {
        PlayerNaArea = true;
    }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, a **quarta mesa** foi desenvolvida utilizando alguns **canvases** com instruções, duas caixas e um botão que foram modelados dentro do próprio Unity. Para acionar o botão e retirar o item na caixa à direita é necessário colocar dentro da caixa da esquerda a molécula que representa a resposta selecionada para o **exercício atual como está representado na Figura 15**. Essa funcionalidade foi desenvolvida utilizando um **script** com o código do Quadro 6 que identifica qual o exercício atual e qual a resposta que foi colocada na caixa para renderizar o item correto.

Figura 15 - Molécula selecionada como resposta na caixa da mesa quatro



Fonte: elaborado pelo autor

1  
Explicar um pouco o código do Quadro 5.

2  
Fonte courier new.

3  
Ponto final.

4  
Mesa 4  
Fonte courier new.

5  
utilizando canvas

6  
Itálico.

7  
exercício atual (Figura 15).

8  
Mesa 4  
Fonte courier new.

9  
molécula  
Arrumar no fonte.  
Nova imagem.

10  
Ponto final.

1

Quadro 6 - Código do botão para renderizar o item quando a resposta estiver correta

```
private void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    if (other.gameObject.name == "ParteMovel")
    {
        var exercicio = Slot.ExercicioAtivo;
        var resposta = CaixaTransformacao.RespostaNaCaixa;
        if (resposta != null && exercicio != null && exercicio.name == "ExercicioH2O" && resposta.name == "Angular_Small")
        {
            AtivarGameObjectPorNome("Agua");
        }
    }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor

#### 4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os testes que foram realizados com os usuários. Para esses testes foram considerados dois perfis de usuários, usuários desenvolvedores e usuários finais. O hardware utilizado para o teste foi um Oculus Quest 2 com 32 GB de espaço.

Os testes de usuários desenvolvedores foram feitos com usuários que já tinham experiência com desenvolvimento e utilização do equipamento, não havendo muitas dificuldades durante os testes. Os usuários conseguiram realizar todas as atividades sem problemas, desde pegar a ficha da atividade na mesa 1, identificar a molécula que deveria ser escondida com anamorfose e achar a resposta correta para o exercício. Neste teste foi identificado que poderia ter sido implementado a movimentação por teletransporte como uma possibilidade de combater o *sickness*.

Já os testes com os usuários finais foram realizados dentro de uma sala de aula com professores universitários. Para esse teste foi separado uma pequena parte de uma sala de aula e realizado a configuração do guardião do Oculus Quest 2. Após a configuração do guardião foi tentado realizar o espelhamento da tela do Oculus para um Mac, porém o navegador safari não suportava o espelhamento, então foi utilizado um computador com o Windows e com o navegador Chrome. Depois de realizar a configuração de espelhamento os usuários foram instruídos a fazer a utilização de cada mesa 9 o que deixou evidente alguns problemas. Um dos problemas foi a dificuldade dos usuários, que não estão acostumados a utilizar o equipamento, utilizarem os controles do Oculus Quest 2 fazendo com que não conseguissem se locomover ou que deixassem cair alguns objetos no chão. Além disso foi verificado que quando um objeto caiu no chão um dos usuários teve dificuldade de tentar ajuntá-lo, esse problema acontece devido a configuração do nível do chão do Quest 13 o usuário ser mais alto que os outros. Outra dificuldade ocorria quando o usuário olhava para a molécula que foi aplicada a anamorfose, nesse caso ela não estava sendo substituída pela molécula sem a ilusão devido a um problema com a colisão entre os colliders, que ocorreu devido aos usuários terem alturas diferentes, assim para corrigir esse problema poderia ser aumentado a área de colisão dos colliders da molécula ou do personagem. Todos os usuários tiveram complicações com os limites do guardião, muitas vezes precisando usar o joystick do controle para voltar para longe do limite. Para resolver esse problema poderia ser configurado uma área maior para o limite do guardião permitindo assim que os usuários não precisassem usar o controle para se movimentar podendo andar livremente pela sala. Por fim os resultados podem ser considerados satisfatório pois mesmo havendo algumas dificuldades os usuários conseguiram utilizar e verificar valor educacional no aplicativo desenvolvido.

#### 5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados apresentados o aplicativo desenvolvido foi capaz de mostrar o conteúdo e disponibilizar o exercício referente a moléculas químicas. Durante os testes foram relatadas algumas dificuldades na utilização do aplicativo, porém nenhuma delas impedia o aplicativo de cumprir sua função. O objetivo de desenvolver um aplicativo que demonstrasse o conteúdo e exercícios utilizando realidade virtual e ilusão de ótica foi cumprido e comprovado com os testes.

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento foram adequadas. A utilização da ferramenta de motor gráfico Unity contribuiu muito no desenvolvimento principalmente por possibilitar a criação de um ambiente virtual de forma simples. O Blender se mostrou uma ótima ferramenta de modelagem, possibilitando modelar e fragmentar as moléculas de uma forma rápida. A biblioteca Oculus Integration foi de grande ajuda para controlar a parte de realidade virtual, possibilitando segurar objetos, movimentar o personagem e interagir com menus usando os controles.

As possíveis extensões propostas para continuar a linha de pesquisa deste projeto são:

- a) Adicionar um exercício para cada elemento;
- b) Criar um tutorial mais detalhado para os controles;
- c) Melhorar o design das cenas tornando-as, mas reais e adicionando sons de ambiente;

1  
Explicar um pouco o código da Quadro 6.

2  
Ponto final.

3  
Mesa 1

4  
Fonte courier

5  
sickness (ver seção 2.2).

6  
espelhamento.  
Então

7  
os navegadores Safari e Chrome deste sistema

8  
suportaram

9  
Mesa

10  
Fonte courier

11  
Chrome, e assim foi possível fazer

12  
Quest 2, fazendo

13  
chão. Mas também se observou que a medida que os usuários iam

14  
ajuntá-lo. Esse

15  
outros. Pois a configuração do guardião, que também se calibra a altura do chão, foi feita

16  
ocorreu

17  
anamorfose, que nesse

18  
sem a ilusão quando o usuário estava no ponto de visão certo para selecioná-la.

19  
pois os usuários tinham alturas diferentes.

20  
personagem, ou pedir para recalibrar a altura do guardião a

virtual imersiva e Iniciar itens com letra minúscula.

- d) Permitir calibrar configurações como: altura, campo de visão e tipo de movimentação;
- e) Adicionar novas cenas com cenários diferentes;
- f) Adicionar diferente tipos de exercícios.

1

## REFERÊNCIAS

- ATKINS, Peter; JONES, Loretta Co-autor; LAVERMAN, Leroy Co-autor. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. Porto Alegre : ArtMed, 2018. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788582604625>. Acesso em: 1 out. 2020.
- BEEVER, Julian. **Pavement drawings - 3D Illusions**. Disponível em: <http://www.julianbeever.net/index.php/phoca-gallery-3d>. Acesso em: 16 nov. 2020.
- BEVILAQUA, Diego Vaz et al. Ilusões virtuais: sobre o uso de objetos de aprendizagem para a exploração de ilusões de ótica **em um museu**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7., 2010, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindoia: SBF, 2010. p. 1-20. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/32152>. Acesso em: 20 set. 2020.
- GUIMARÃES, Guilherme et al. Tabela Periódica com Realidade Aumentada Aplicada no Processo de Ensino e Aprendizagem de Química. **Anais dos Workshops do VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação** (Cbie 2018), [S.L.], v. 7, n. 1, p. 187-190, 28 out. 2018. Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/8229>. Acesso em: 20 set. 2020.
- IAVORSKI, Claudio. **Anamorfose: uma arte no ensino de matemática e sua aplicação em atividades interdisciplinares**. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática em Rede Nacional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1014>. Acesso em: 16 nov. 2020.
- IAVORSKI, Claudio; SAITO, Olga Harumi. Ensinando Conteúdos Matemáticos Usando Anamorfose. **Proceeding Series Of The Brazilian Society Of Computational And Applied Mathematics**, [S.L.], v. 2, n. 1, 19 dez. 2014. SBMAC. <http://dx.doi.org/10.5540/03.2014.002.01.0131>. Disponível em: <https://proceedings.sbmac.emnuvens.com.br/sbmac/article/view/256/258>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Periodic Table of Elements**. 2018. Disponível em: <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- KIRNER, Claudio; TORI, Romero. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, 8., 2006, Belém. **Livro do Pré-Simpósio**. [S. L.]: Sbc, 2006. p. 22-38. Disponível em: [https://pcs.usp.br/interlab/wp-content/uploads/sites/21/2018/01/Fundamentos\\_e\\_Tecnologia\\_de\\_Realidade\\_Virtual\\_e\\_Aumentada-v22-11-06.pdf](https://pcs.usp.br/interlab/wp-content/uploads/sites/21/2018/01/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf). Acesso em: 18 set. 2020.
- PATRÃO, Bruno; PEDRO, Samuel; MENEZES, Paulo. How to Deal with Motion Sickness in Virtual Reality. In: 22º ENCONTRO PORTUGUÊS DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E INTERAÇÃO, 22., 2015, Coimbra. **Proceedings [...]** . [S.L.]: The Eurographics Association, 2020. p. 40-46. Disponível em: <https://diglib.eg.org/handle/10.2312/pt20151201>. Acesso em: 19 jun. 2021.
- PINTO, Luis Thiago Gallerani; PILAN, José Rafael; ALMEIDA, Osvaldo Cesar Pinheiro de. **Desenvolvimento de um aplicativo para ensino de química usando realidade aumentada**. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC DE BOTUCATU, 7., 2018, Botucatu. Anais [...]. [S. L.]: Fatec, 2018. p. 1-5. Disponível em: <http://www.jornadictec.fatec.br/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/view/1673>. Acesso em: 20 set. 2020.
- PUBCHEM. National Institutes Of Health (Nih). **Water**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Water>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- QUEIROZ, Altamira Souza; DE 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**, [S.I.], v. 1, n. 2, mar. 2015. ISSN 2446-7634. Disponível em: <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/44>. Acesso em: 28 set. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.59446>.
- SANTOS, A. O. et al. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações. In: ENCONTRO SERGIPANO DE QUÍMICA, 4., 2013, São Cristóvão. **Anais [...]** . [S. L.]: Associação Sergipana de Ciência, 2013. p. 1-6. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/1517/812>. Acesso em: 11 set. 2020.
- SILVA, Karina Batista da et al. Neurobiologia da visão e da ilusão de ótica. **Analecta - Centro Universitário Uniacademia**, Juiz de Fora, v. 5, n. 5, 2019. Disponível em: <https://seer.cesjf.br/index.php/ANL/article/view/2363>. Acesso em: 02 out. 2020.

Iniciar com letras minúsculas.