



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Mauricius Corrêa dos Santos

**Aplicação do metaverso para modelos tridimensionais no ensino de biologia
celular**

Araranguá
2022

Mauricius Corrêa dos Santos

Aplicação do metaverso para modelos tridimensionais no ensino de biologia celular

Trabalho de conclusão de curso submetida ao Programa de Graduação em Engenharia de Computação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de grau em Engenharia de computação.

Orientadora: Prof^a Eliane Pozzebon, Dra.

Araranguá
2022

fichacatalografica

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Mauricius

Aplicação do metaverso para modelos tridimensionais no ensino de biologia celular / Mauricius Santos ; orientadora, Eliane Pozzebon, 2022.

36 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Graduação em Engenharia de Computação, Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Computação. 2. Metaverso. 3. Tecnologias Educacionais. 4. Realidade Virtual. 5. Realidade Aumentada. I. Pozzebon, Eliane. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Computação. III. Título.

Mauricius Corrêa dos Santos

Aplicação do metaverso para modelos tridimensionais no ensino de biologia celular

O presente trabalho em nível de graduação foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Antonio Carlos Sobieranski, Dr.
Instituição UFSC

Prof. Alexandre Costa Marino, Dr.
Instituição UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de grau em Engenharia de computação.

Prof^a Eliane Pozzebon, Dra.
Orientadora

Araranguá, 2022.

Este trabalho é dedicado ao meu querido gato, Kuro, que não me deixa escrever e fica deitando no meu teclado.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de fazer alguns agradecimentos, pois este trabalho não é fruto apenas do meu esforço. Eu estar aqui é fruto do esforço e incentivo de muitas pessoas que me apoiaram e me ajudaram durante a essa longa jornada.

Gostaria de agradecer aos meus colegas, professores e à banca.

À Eliane, minha orientadora, por sua orientação, incentivo e sempre animada.

À minha mãe, Juliana, que sempre acredita e confia em mim mesmo quando eu duvido de mim mesmo.

Ao meu irmão Marcos Vinícius que sempre cuidou de mim.

Aos meus avós (in memoriam), que não puderam estar conosco hoje, mas tenho certeza que estariam felizes.

E, em especial, minha esposa e companheira, Tatiana, que me apoia e incentiva nos momentos mais difíceis dessa jornada que foi um tanto quanto conturbada.

*“ [...]“Um mundo virtual, no sentido amplo,
é um universo de possíveis, calculáveis a partir de um modelo digital.
Ao interagir com o mundo virtual, os usuários o exploram e o atualizam simultaneamente.
Quando as interações podem enriquecer ou modificar o modelo,
o mundo virtual torna-se um vetor de inteligência e criação coletiva”.*
(Levy, 1999)

RESUMO

A pandemia de COVID-19 transformou a forma de convivência social, escolar e de trabalho. Cenário em que utilizou-se intensamente a tecnologia para as pessoas continuarem conectadas virtualmente entre os grupos, para expandir conhecimentos, pensamentos e até mesmo para garantir a continuidade de atividades básicas de serviço. A perspectiva de futuro é que deve continuar essa linha de avanços, utilizando da tecnologia para ampliar horizontes nos atuais métodos de ensino, transcendendo para um mundo cada vez mais virtual. Nesse estudo foi realizada revisão da literatura sobre Realidade Virtual, Realidade Aumentada e conceitos e aplicação do metaverso para compreender a evolução histórica desta inovação tecnológica no período de 2021 a 2022. A partir da pesquisa exploratória e da pesquisa aplicada (pesquisas realizadas para adquirir conhecimento teórico aplicável) foi desenvolvido um protótipo de ambiente interativo para inter-operacionalidade de objetos tridimensionais da área de biologia celular e criação de mundo interativo no metaverso. Para isso, foi utilizado o software Photon 2, juntamente com Unity e hardware o HMD Quest 2. Concluiu-se que foi possível obter resultados satisfatórios em relação à criação de um protótipo com elementos 3D interativos no ambiente virtual, imagens e animação, integrando teoria e prática para maior compreensão e interação visual do estudante com objetos abstratos do estudo da biologia celular.

Palavras-chave: Metaverso. Tecnologias Educacionais. Realidade Virtual. Realidade Aumentada.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has transformed the form of social, school and work coexistence. Scenario in which technology was used intensively for people to remain virtually connected between groups, to expand knowledge, thoughts and even to ensure the continuity of basic service activities. The future perspective is that it must continue this line of advances, using technology to broaden horizons in current teaching methods, transcending to an increasingly virtual world. In this study a review of the literature on Virtual Reality, Augmented Reality and concepts and application of the metaverse was carried out to understand the historical evolution of this technological innovation in the period from 2021 to 2022. From exploratory research and applied research (research conducted to acquire applicable theoretical knowledge) was developed a prototype interactive environment for inter operability of three-dimensional objects in the area of cell biology and creation of interactive world in the metaverse. For this, the Photon 2 software was used, along with Unity and hardware the HMD quest 2. It was concluded that it was possible to obtain satisfactory results in relation to the creation of a prototype with interactive 3D elements in the virtual environment, images and animation, integrating theory and practice for greater understanding and visual interaction of the student with abstract objects of the study of cell biology.

Keywords: Metaverse. Educational Technologies. Virtual Reality. Augmented Reality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de pesquisa e desenvolvimento.	18
Figura 2 – Building the metaverse, Jon Radoff (2021).	21
Figura 3 – Nuvem de sentimentos	23
Figura 4 – O surgimento dos HMDs AR/VR nos últimos dez anos. figura extraída de (TAN <i>et al.</i> , 2022)	25
Figura 5 – Sala de apresentação	26
Figura 6 – Tela inicial da Aplicação.	28
Figura 7 – Teclado virtual.	28
Figura 8 – Sala inspirada no LABTEC.	29
Figura 9 – Interação com objetos 3D	29
Figura 10 – Escolha de sala	30
Figura 11 – Sala de apresentação	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições e Características do Metaverso.	20
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Elementos Tridimensionais
CNI	Confederação Nacional da Industria
LABTEC	LABoratorio de TECnologia da UFSC
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMA	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.4	MÉTODOLOGIA	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	CONCEITUALIZAÇÃO	19
2.1.1	Padronização e Interoperabilidade Metaverso	21
2.2	TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE BIOLOGIA	22
3	FERRAMENTAS	24
3.1	FERRAMENTAS DE SOFTWARE	24
3.2	FERRAMENTAS HARDWARE	24
3.2.1	Head-mounted display	24
3.2.2	Controladores	25
3.2.3	Outros	25
4	PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE UM AMBIENTE EDUCACIONAL VIRTUAL	26
4.1	DESCRIÇÃO DA PROPOSTA	26
4.1.1	Software	26
4.1.2	Hardware	27
4.2	IMPLEMENTAÇÃO	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5.1	PERSPECTIVAS FUTURAS	31
	Referências	33

1 INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19, desde 2020, transformou ao redor do mundo a forma de convivência social, escolar e de trabalho. Essas mudanças impactaram a forma que as pessoas produzem, sendo que a principal delas foi o uso intensivo da tecnologia. Estas alterações permitiram que o mundo continuasse conectado, agora virtualmente, o que expandiu as relações e garantiu a continuidade de atividades que antes eram presenciais. Processos de formação, trabalho, conhecimento e descobertas passaram a ser desenvolvidas com maior agilidade. Essa experiência, vivenciada mundialmente, demonstrou a importância de continuar o investimento em tecnologia para ampliar os métodos de aprendizagem compartilhada, transcendendo o ensino para o mundo em um ambiente digital e coletivo.

Nesta perspectiva, Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) são tecnologias chave para o desenvolvimento na educação em diversas áreas proporcionando um ambiente virtual imersivo e interativo (BARBIC *et al.*, 2017). RV é comumente considerada como uma tecnologia que induz a imersão virtual em um mundo digital por meio do uso de uma simulação gráfica computadorizada que permite aos usuários mergulhar em um mundo tridimensional interativo repleto de várias experiências sensoriais e emocionais (DRIGAS; MITSEA; SKIANIS, 2022). e RA adiciona informações sensoriais geradas por computador à experiência do mundo real do usuário (PARO; HERSH; BULSARA, 2022).

Com o amadurecimento de tecnologias de RV, RA, comunicação redes (5G), capacidade computacional, Inteligência Artificial que são importantes para o desenvolvimento e futuro de várias profissões, incluindo educação o metaverso, também, representa o estágio mais recente de tecnologia de imersão visual.

O metaverso e as tecnologias que o envolvem mostram grandes potenciais na educação médica, saúde, ciências, treinamento militar, industrial e aprendizado de idiomas. De fato, ele permite que os alunos vivenciem experiências em espaços virtuais, com mais oportunidades de experimentar, explorar, aprender, imergir e ensinar em um mundo diferente, proporcionando interação que seriam de difícil acesso no mundo real. Pilotar um avião, conhecer planetas, florestas, visualizar o funcionamento do corpo humano são experiências possíveis no metaverso se o criador tiver interesse de proporcionar experiências e oportunidades de aprendizados aos usuários.

Hwang e Chien (2022) listam algumas aplicações do metaverso na educação:

1. Estimular constantemente os alunos à um ambiente de estímulos cognitivos com práticas de habilidades que poderiam ser arriscadas ou perigosas no mundo real.
2. Constantemente vivenciar e aprender em ambientes que geralmente os alunos não têm a oportunidade de se envolver no mundo real.

3. Permitir que os alunos percebam ou aprendam algo que requer envolvimento e prática de longo prazo.
4. Encorajar e incentivar os alunos a tentar criar ou explorar situações que não seriam possíveis no mundo real devido a algumas razões práticas, como custo ou a falta de materiais reais.
5. Permitir que os alunos experimentem, percebam ou observem as situações de diferentes perspectivas ou papéis
6. Permitir que os alunos aprendam a colaborar e interagir com pessoas as quais talvez não tenham oportunidades de trabalhar no mundo real.
7. Explorar o potencial dos alunos envolvendo-os em tarefas complexas, diversas e autênticas.

Lopes e Golçalves (2021) e Almarzouqi et al. (2022) destacam que há grandes ganhos no uso de tecnologias como realidade virtual e realidade aumentada na educação. Almarzouqi (2022) conclui que “(...)a tecnologia para o metaverso continuará a mudar o mundo em diferentes esferas, da educação à economia. Especificamente, o metaverso suportado com outras tecnologias será vital no ensino e aprendizagem. O aumento da inovação e uso de RV e RA em ambientes de educação terá um impacto dramático no ensino e nas práticas de aprendizagem.”

O conceito de metaverso está em constante evolução. As tecnologias com utilização de RV e RA estão em um período de maturação e desenvolvimento, assim como, as áreas à sua volta como a inteligência artificial, internet das coisas (IOT) e Redes de comunicação. Com a entrada na era do 5G, pode-se esperar um salto quântico na conectividade com experiências incluindo realidade aumentada, realidade virtual, direção autônoma, telemedicina e cidades inteligentes.

Áreas como assistência médica, defesa, manufatura e transporte serão transformadas para sempre. Com afluxo sem precedentes de financiamentos federais e estaduais dos governos, em grande parte devido a pandemia de covid-19, agora é a hora para as universidades de pesquisa investirem e criarem laboratórios de pesquisa cibernética, onde os participantes do setor público e privado podem explorar pesquisas para promover a inovação em educação e treinamento em torno de tecnologias futuras (KATHE *et al.*, 2022).

Em 2018, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) disponibilizou um sumário executivo com as tendências em inteligência artificial voltadas para a educação para o período de 2017 a 2030. Nesse documento, destaca a RV e RA como potenciais áreas de estudo, prevendo, ainda, maior acessibilidade e intensificação de desenvolvimento de tecnologia nos próximos anos (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDÚSTRIA, 2018). A acessibilidade da RV e RA foi impulsionada durante o tempo de quarentena da covid-19. Populações ficaram em sua maioria em isolamento social, o

que exigiu a realização das atividades a distância, com uso de IA para comunicação e desenvolvimento das mais diversas atividades no espaço dos domicílios.

1.1 PROBLEMA

Ao longo do processo de aprendizado, observa-se um conjunto de obstáculos para apreensão do conhecimento. A falta de acesso a materiais educativos, físicos e atualizados e a escassez de recursos, como livros, laboratórios e insuficiência de professores são exemplos dessas dificuldades.

Caracteriza-se, também, por um processo de aprendizado com ausência de inovação suficiente para acompanhar os avanços tecnológicos que ocorreram nos últimos tempos, que por sua vez tornaram os conteúdos abstratos e abordagens monótonas, na medida em que os alunos perdem o interesse especialmente pela defasagem do ensino em relação a sua vida tecnológica.

Estudos como o da biologia do corpo humano exigem um esforço imaginativo para compreensões abstratas de um conjunto de órgãos e seus funcionamentos e interações que facilmente poderiam ser explicados em um ambiente de imersão virtual tridimensional.

1.2 JUSTIFICATIVA

O metaverso oportuniza que a aprendizagem ocorra de uma forma mais imersiva pela interação entre o aluno e o objeto de conhecimento. Ajuda, ainda, a transpor dificuldades de acessibilidade e abstração, promovendo um processo de aprendizado com mais autonomia e dinamicidade. Superando, portanto, os problemas descritos acima.

A principal justificativa de realizar esse estudo deve-se à necessidade de criar um método eficiente, criativo, ágil e prático para aplicar seu uso na biologia através de ferramentas multimídias e recursos atrativos, interativos, pedagogicamente aplicáveis e eficazes, tanto para o ensino presencial como para o remoto.

1.3 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Protótipo de ambiente interativo para utilização com modelos tridimensionais da área de biologia celular no metaverso.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar e identificar as principais características de RV.
- Criar a proposta de um ambiente educacional virtual.
- Implementar um protótipo de um ambiente educacional virtual.
- Adicionar e projetar elementos tridimensionais(3D) no ambiente virtual.
- Interagir e escrever sobre modelos 3D no metaverso para ensino de biologia.

1.4 MÉTODOLOGIA

O presente trabalho tem como base o método de abordagem dedutivo proposto por Marina de Andrade Marconi e Eva Maria Lakatos (MARCONI; LAKATOS, 2017). A abordagem dedutiva está baseada nas seguintes premissas:

- (i) imersivo;
- (ii) colaboração para educação;
- (iii) inovação tecnológica.

Os estudos feitos por Lopes e Golçalves (2021) e Almarzouqi et al. (2022) corroboram com evidências de que a utilização de Realidade Aumentada e Realidade Virtual proporcionam um aumento significativo no alcance e na qualidade de ensino. Para fins de comprovação destas premissa foi realizada uma etapa de pesquisa exploratória a fim de agregar conhecimento sobre o tema. Para isso, realizou-se revisão de literatura a partir de livros, artigos e teses. Para a seleção utilizou-se busca no período de 2021/2022 nas bibliotecas virtuais (PubMed, IEEE, SciELO), com os seguintes descritores:

- Metaverso;
- Realidade virtual;
- Tecnologias educacionais.

Na etapa seguinte foi realizada uma Pesquisa Aplicada, conforme conceituada por GIL (2010), pois pretendeu-se adquirir conhecimentos visando aplicá-los em uma situação que no caso é a realização de um protótipo de um ambiente de Realidade Virtual como recurso de inovação das praticas de ensino.

O diagrama a baixo sintetiza o desenvolvimento das etapas descritas acima:

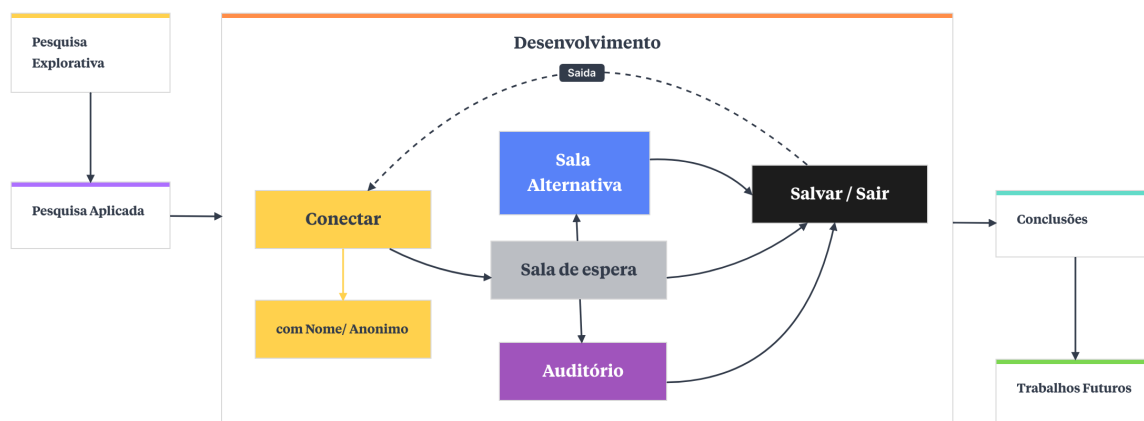


Figura 1 – Diagrama de pesquisa e desenvolvimento.

Para o desenvolvimento do estudo foi utilizado modelos tridimensionais disponibilizados pelo LABORATORIO de TECnologia da UFSC (LABTEC).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente documento está dividido em 5 seções: introdução, fundamentação teórica, ferramentas, proposta e considerações finais.

2.1 CONCEITUALIZAÇÃO

O termo metaverso, com a concepção de transcender para um universo, surgiu pela primeira vez em 1992. Neal Stephenson (1992), autor do romance e ficção científica “snow crash”, cita o termo para definir o lugar em que os personagens a partir de seus avatares entram em uma realidade alternativa virtual. A palavra metaverso é composta por “meta” que significa transcendência e “universo” que representa o mundo, referindo-se a digitalização do mundo.

Para Kye et al. (2021) podemos dividir o metaverso em 2 eixos sendo eles “Aumento vs Simulação e o outro “íntimo vs externo”. Baseando-se nestes dois eixos podemos dividir o metaverso em 4 (quatro) tipos sendo eles:

- *Augmented reality:*

Consiste em construir um ambiente inteligente utilizando tecnologias e redes baseadas em localização. Com aplicações em smartphones, HUDS e veículos como pokemon go, livros digitais e conteúdo realista.

- *Lifelogging:*

Tecnologia para capturar, armazenar e compartilhar experiências cotidianas e informações sobre objetos e pessoas. Com aplicações em dispositivos vestíveis e caixa preta para o facebook, instagram, Apple watch, Samsung health, nike plus.

- *Mirror world:*

Foco em refletir o mundo real como ele é, mais íntegro e fornecendo informações do ambiente externo. usado para serviços baseados mapas virtuais e modelagem usando tecnologia GPS como Google Earth, Google Maps, Naver Maps, Airbnb.

- *Virtual reality:*

Um mundo virtual construído a partir de dados baseado em atividades entre avatares que refletem o ego do usuário e o mundo comumente visto em muitos jogos multiplayer online como Second Life, Minecraft, Roblox, Zepeto.

Park e Kim (2022) fizeram uma análise detalhada sobre os conceitos do termo “metaverso”, desde o seu surgimento em 1992 até conceitos mais recentes do ano de 2021.

Quadro 1 – Definições e Características do Metaverso.

Autor	Definição	Característica.
Stephenson (1992)	Um mundo onde humanos por meio de avatares interagem uns com os outros em um ambiente tridimensional que reflete o mundo real	Permite que os usuários criem novas entidades para terem valor de mercado
Kipper et al. (2013)	Ciberespaço onde todos estão interligados, semelhante ao acesso à internet por meio de um meio chamado realidade virtual	Inclui simulações, www, diferentes tipos de interfaces, ambientes colaborativos e outros mundos recém nascidos
Preda et al. (2013)	Espaço compartilhado online coletivo	Convergência de virtual, realidade aumentada e espaço virtual fisicamente permanente, incluindo a soma de todo mundo virtual gerado, realidade aumentada e internet
Kanematsu et al. (2013)	Mundo criado com quatro fatores diferentes: realismo, ubiquidade, interoperabilidade e extensibilidade	Descrivendo os desafios técnicos, barreiras econômicas e políticas de objetos de modelagem do mundo real no mundo virtual
Prisco (2009)	Um vídeo realista baseado em RA que permite interação imersiva entre os participantes	Sustentabilidade e agilidade acessível ao consumidor por tecnologia de realidade virtual
Duan et al (2021)	Um mundo em que os usuários, a partir de avatares, podem interagir uns com os outros e com aplicações de software em um espaço virtual 3D	Visão macro, infraestrutura, interação e ecossistema; um protótipo de metaverso baseado em blockchain.
Ko and Jang (2014)	Uma comunidade virtual online que permite o uso de simulações e objetos para interagir com outros usuários por meio de avatares	Interatividade, persistência física, bate-papo online, entretenimento e educação
Hazan (2010)	Um lugar onde os usuários fazem login o tempo todo para interagir com outras pessoas em brincadeiras, comércio, criatividade e exploração	Escapar para um mundo que vá além da ilusão

Fonte: Quadro adaptado (PARK; KIM, 2022).

Através deste quadro de conceitos, pode-se observar que não há uma definição única de metaverso em que todos os autores concordem.

2.1.1 Padronização e Interoperabilidade Metaverso

Para Jon Radoff (2021), especialista em tecnologias disruptivas, o metaverso representa a desmaterialização completa do espaço físico. Ele explicita as sete camadas tecnológicas que unem as peças do metaverso (Figura 2).

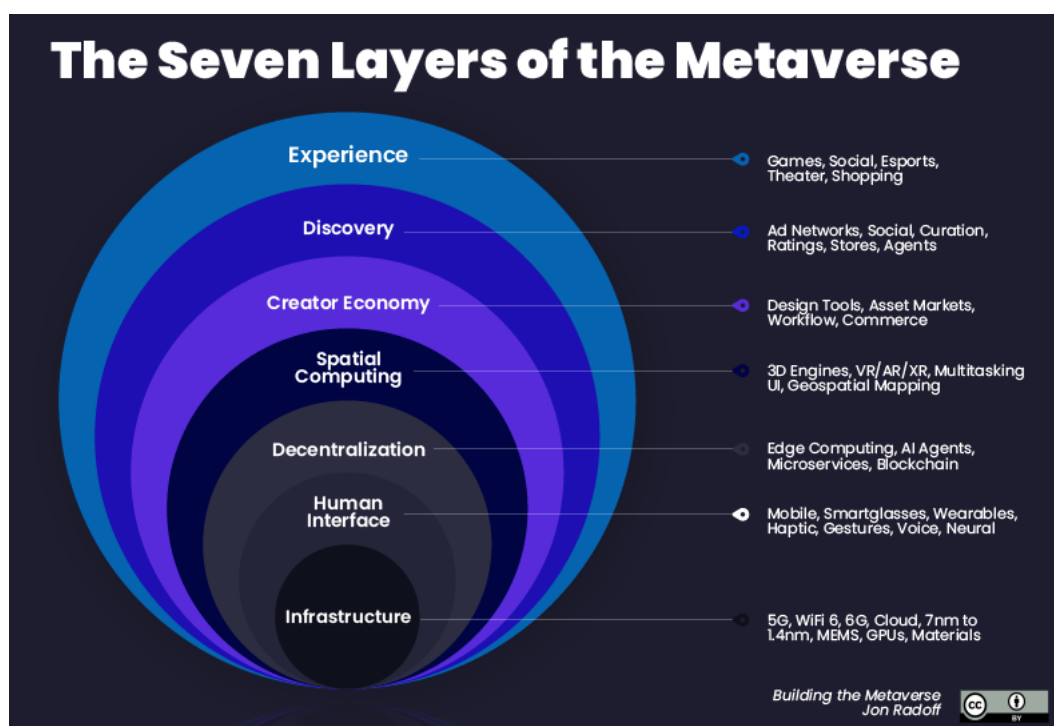


Figura 2 – Building the metaverse, Jon Radoff (2021).

1. Infraestrutura técnica:

Necessário ter velocidade, processamento, armazenamento e internet rápida (5G e 6G).

2. Interface humana:

Criar novos hardwares (novos celulares e óculos de RA).

3. Descentralização:

Criar um mundo sem intermediários, mais democrático e distribuído.

4. Computação espacial:

Usar softwares para desmaterializar objetos e interagir com eles (3D, tecnologias de RV e RA).

5. Economia criadora:

Democratizar a construção e monetização das coisas para o metaverso como as ferramentas de design, tecnologias e formas de vendas (plataformas de “low cod”).

6. A camada da descoberta:

É como as pessoas aprenderão que a nova experiência existe e é real sem a realidade dividida entre mundo físico e virtual.

7. Experiência:

Essa camada da experiência é o que Jon Radoff chama de desmaterialização do espaço físico.

Em junho de 2022, com mais de 650 empresas, surgiu o *metaverse standard forums* (THE METAVERSE STANDARDS FORUM, 2022). O Fórum visa incentivar e permitir o desenvolvimento de padrões e interoperabilidade essenciais para um Metaverso aberto e inclusivo.

2.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE BIOLOGIA

O uso de tecnologias para o ensino de conteúdos que possam certo nível de abstração, como da biologia celular, já vem sendo exploradas para desenvolver aplicações em RA pelo mundo acadêmico. Os artefatos tridimensionais são fundamentais para utilização na implementação em ambientes de RA e RV, proporcionando uma experiência imersiva com riqueza de detalhes aos usuários.

Ferreira et al. (2022), no projeto realizado pelo Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) da UFSC, analisou os benefícios da utilização de RA a partir de artefatos 3D para alunos do nono ano do Ensino Fundamental. Estes artefatos encontram-se no Repositório virtual do RAEscolas e formam alguns kits de estudos, conforme as imagens abaixo:

- **Células Biológicas:**



• **Mecanismos Celulares:**

 <p>ALVÉOLOS REVESTIDOS COM CAPILARES</p> <p>Os alvéolos são como sacos com membrana fina, revestidos com si.</p> <p>As faces expostas muito finas recebem os arcos.</p> <p>Para se ter toda a espessura do tecido pulmonar, milhares de hembras, está célula necessária "se mover" para ocupar seu espaço.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>ATIVAÇÃO DA BOMBA PELO ATP</p> <p>Como o processo de transporte de íons acontece contra a gradiente de concentração, é necessário que energia na forma de ATP seja usada para a ativação da bomba.</p> <p>O ATP é uma molécula orgânica que armazena grande quantidade de energia, que pode ser liberada quando a ligação entre molécula e íon ocorre.</p> <p>Essa energia de ligação é usada para a ativação da bomba, o que libera energia suficiente para que esta proteína transportadora abra sua conformação e transporte os íons de volta para o meio extracelular.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>CÉLULAS CARTILAGINOSAS</p> <p>O tecido cartilaginoso é uma forma de tecido conectivo que contém células chamadas de condroblastos e condrocitos.</p> <p>As células cartilaginosas são formadas a partir de células mesenquimais, que são células indiferenciadas que podem se diferenciar em qualquer tipo de célula do corpo.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>DEGRADAÇÃO DE CARBOIDRATOS</p> <p>Os carboidratos podem ser divididos em monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.</p> <p>Um monossacarídeo é a molécula mais simples de carboidrato e não pode ser quebrado, como a glicose e a frutose.</p> <p>Os dissacarídeos, como o lactose e a sacarose, são formados a partir de dois monossacarídeos, e, por conta disso, podem ser quebrados.</p> <p>Por fim, os polissacarídeos, como o amido, o glicogênio e a celulose, são formados a partir de muitos monossacarídeos e são quebrados em monossacarídeos para serem usados pelo organismo.</p> <p>RA nos Eixos</p>
<p>Alvéolos Revestidos com Capilares</p> <p>Os alvéolos são como sacos com membrana fina...</p>	<p>Ativação Da Bomba Pelo ATP</p> <p>Como o processo de transporte de íons acontece c</p>	<p>Células Cartilaginosas</p> <p>O tecido cartilaginoso é uma forma</p>	<p>Degradação de Carboidratos</p> <p>Os carboidratos podem ser divididos em monossac</p>

• **Reprodução:**

 <p>CROMOSSOMOS SEXUAIS</p> <p>Além dos 22 pares de cromossomos autosômicos, o ser humano possui um par de cromossomos sexuais, que possuem características específicas.</p> <p>Esses par pode conter os cromossomos sexuais, denominados de X e Y, os quais possuem características específicas relacionadas às características sexuais.</p> <p>A partir do par de cromossomos sexuais, é possível determinar o sexo, assim, o sexo feminino é caracterizado por dois cromossomos X (denominados XX) e o sexo masculino por um par de um cromossomo X e um cromossomo Y (denominado XY).</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>ESPERMATOGÊNESE</p> <p>A espermatogênese é o processo de formação dos gametas masculinos, ou espermatozoides.</p> <p>As espermatogônias são formadas durante o desenvolvimento fetal e se encontram no tecido germinativo, local em que ocorre a produção dos gametas.</p> <p>As espermatogônias, portanto, passam por um processo de divisão mitótica até se transformarem em células primárias, das quais se originam os espermatozoides.</p> <p>Por fim, os espermatozoides sofrem diferenciação (espermiogênese) para originar os espermatozoides.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>ESTRUTURA DO CROMOSSOMO DUPLICADO</p> <p>Nas células eucarióticas, longas fitas de DNA são empacotadas em cromossomos.</p> <p>A função mais importante dos cromossomos é a de garantir a transmissão de uma única e cópia de cada cromossomo de DNA a prole.</p> <p>Esses cromossomos possuem um centríolo, que é uma estrutura de DNA. Quando duplicada, ela possui 2 cromossomos, que são idênticos ao cromossomo do qual se originaram.</p> <p>Além disso, pode ser identificado nos cromossomos outros organelos, como o centríolo, os ríbulos e o citoplasma.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>FECUNDAÇÃO</p> <p>A fecundação ocorre quando o gameta masculino se une ao gameta feminino, formando o zygote.</p> <p>Essa união resulta na formação de um novo ser humano, com características genéticas herdadas dos pais.</p> <p>RA nos Eixos</p>
<p>Cromossomos Sexuais</p> <p>Além dos 22 pares de cromossomos autosômicos, i</p>	<p>Espermatogênese</p> <p>A espermatogênese é o processo de formação dos</p>	<p>Estrutura do Cromossomo Duplicado</p> <p>Nas células eucarióticas, longas fitas de DNA são e</p>	<p>Fecundação</p> <p>O desenvolvimento embrionário humano tem início</p>

• **Aborção de nutrientes:**

 <p>MICROVILOSIDADES DOS ENTERÓCITOS</p> <p>Os enterócitos são as células do revestimento das vilosidades intestinais.</p> <p>São as células que absorvem os nutrientes que estão no lúmen do intestino, através da presença de microvilosidades, formando um campo capilar, esses compostos.</p> <p>Estão em íntimo contato com o sangue através dos vasos sanguíneos que passam por dentro da vilosidade, de modo que os nutrientes possam ser transportados para esses vasos.</p> <p>As vilosidades possuem microvilosidades, que são estruturas projetadas para aumentar a superfície de absorção, formando uma "borda em escova" que aumenta a área de contato com os nutrientes, permitindo a absorção de nutrientes.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>VILOSIDADES DO TRATO GASTROINTESTINAL</p> <p>Uma importante característica que o intestino possui é a presença de vilosidades, que aumentam a área de absorção de nutrientes.</p> <p>As vilosidades são formadas durante o desenvolvimento fetal e se encontram em grande parte do intestino, e, assim, permitem a absorção de nutrientes.</p> <p>Essa estrutura importante são as vilosidades, as quais estão localizadas em toda a superfície interna do intestino, desde o duodeno até o cólon.</p> <p>Por fim, cada célula intestinal possui microvilosidades, que se projetam para o lúmen intestinal, criando uma borda em escova.</p> <p>RA nos Eixos</p>	 <p>VISÃO MACROSCÓPICA DO TRATO GASTROINTESTINAL</p> <p>O trato gastrointestinal inicia pela cavidade bucal, onde ocorre a mastigação.</p> <p>O alimento segue para a faringe e é engolido para o estômago, onde ocorre a digestão inicial do alimento.</p> <p>O estômago possui grandes sacos de digestão, onde ocorre a digestão dos alimentos.</p> <p>Os nutrientes são absorvidos no intestino delgado, onde ocorre a maior parte da absorção de nutrientes.</p> <p>RA nos Eixos</p>
<p>Microvilosidades dos Enterócitos</p> <p>Os enterócitos são as células de revestimento</p>	<p>Vilosidades do Trato Gastrointestinal</p> <p>Uma importante característica que o intestino</p>	<p>Visão Macroscópica do Trato Gastroint...</p> <p>O trato gastrointestinal inicia pela cavidade</p>

Ferreira et al. (2022) elaboraram uma figura com palavras que demonstram os sentimentos dos alunos ao utilizar a tecnologia de RA, sendo que os mais relevantes foram: interessante, divertido e impressionante. Dessa forma, demonstra-se que o uso destas tecnologias podem despertar o interesse dos alunos nas disciplinas.



Figura 3 – Nuvem de sentimentos

Fonte: (FERREIRA et al., 2022)

3 FERRAMENTAS

São diversas as ferramentas utilizadas para criação de conteúdo em Realidade Virtual neste capítulo darei ênfase as ferramentas e tecnologias estudadas que compõem as etapas de desenvolvimento de conteúdo em RV divididas em Softwares e Hardware

3.1 FERRAMENTAS DE SOFTWARE

Na parte de software existe uma variedade de ferramentas que são utilizadas para criação de aplicações tridimensionais. A modelagem 3D é utilizada para efetuar a criação de ambientes e de *assets* na composição de cenas e para interação. As mais comuns são:

- Blender;
- 3ds max;
- Zbrush.

Para implementação de físicas e regras sobre o mundo virtual tridimensional é comumente utilizado *engine* da indústria de desenvolvimento de jogos, sendo as mais frequentes:

- Unity;
- Unreal engine.

Para criação de servidores e aplicações com multi jogadores existe alguns provedores que fornecem pacotes de ferramentas essenciais com suporte para as principais *engines* para interação com outras pessoas online como:

- Narmcore.io;
- Photonengine.

3.2 FERRAMENTAS HARDWARE

3.2.1 Head-mounted display

Ivan Sutherland desenvolveu em 1968, o primeiro sistema *Head Mounted Display*, HMD como é mais conhecido. Na época o dispositivo era usado na cabeça por meio de um capacete e possuía uma pequena tela na parte da frente (Glassdevelopmente, 2014). Os equipamentos utilizados para o metaverso estão sendo rapidamente aprimorados pelos avanços tecnológicos.

Um dos dispositivos essenciais para a experiência de imersão no metaverso é um HMD (*Head Mounted Display*), um visor montado na cabeça que projeta no

campo de visão um mundo virtual com fones de ouvido acoplados proporcionando uma imersão visual e auditiva. Atualmente, existem diversos óculos de realidade virtual sendo eles o quest 2 da empresa Meta o mais popular entre eles.

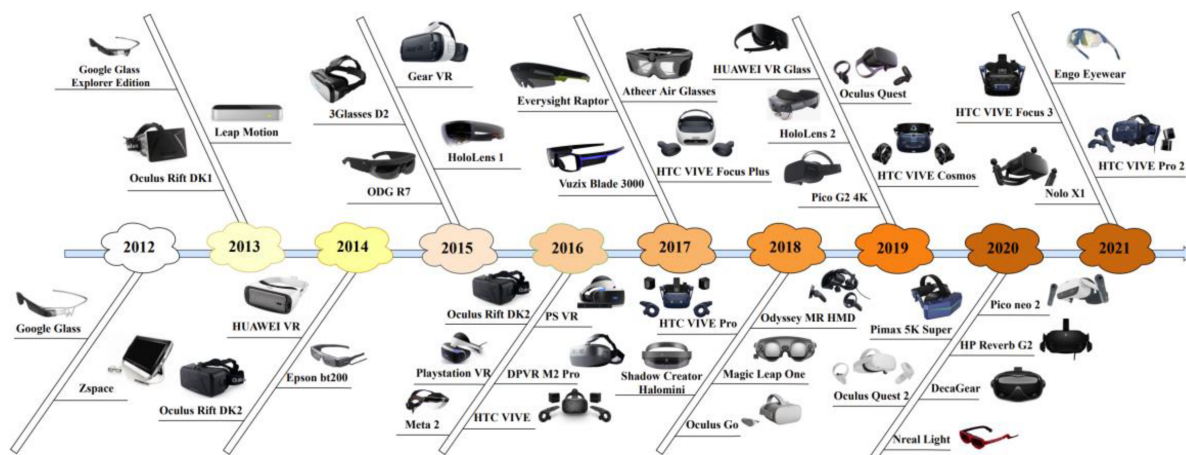


Figura 4 – O surgimento dos HMDs AR/VR nos últimos dez anos. figura extraída de (TAN *et al.*, 2022)

3.2.2 Controladores

Dispositivos de interação tátil que permitem o manuseio de objetos no mundo virtual a partir de controles com sensores de movimento ou também por luvas hápticas, cujo objetivo é transferir a sensação de tocar um objeto, sentir o peso e pressão auxiliando a experiência do usuário.

3.2.3 Outros

Simulador de esteira omnidirecional para jogos de realidade virtual e outras aplicações. Ele usa uma plataforma para simular a locomoção, ou seja, o movimento de caminhar, exigindo sapatos ou coberturas de calçados especiais e uma superfície que reduza o atrito.

4 PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE UM AMBIENTE EDUCACIONAL VIRTUAL

Neste capítulo consta a proposta de desenvolvimento do protótipo visando a utilização do conhecimento adquirido até o presente momento através da pesquisa exploratória e aplicada.

4.1 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

Para a descrição da proposta foi elaborado o seguinte diagrama de caso de uso demonstrado a baixo:

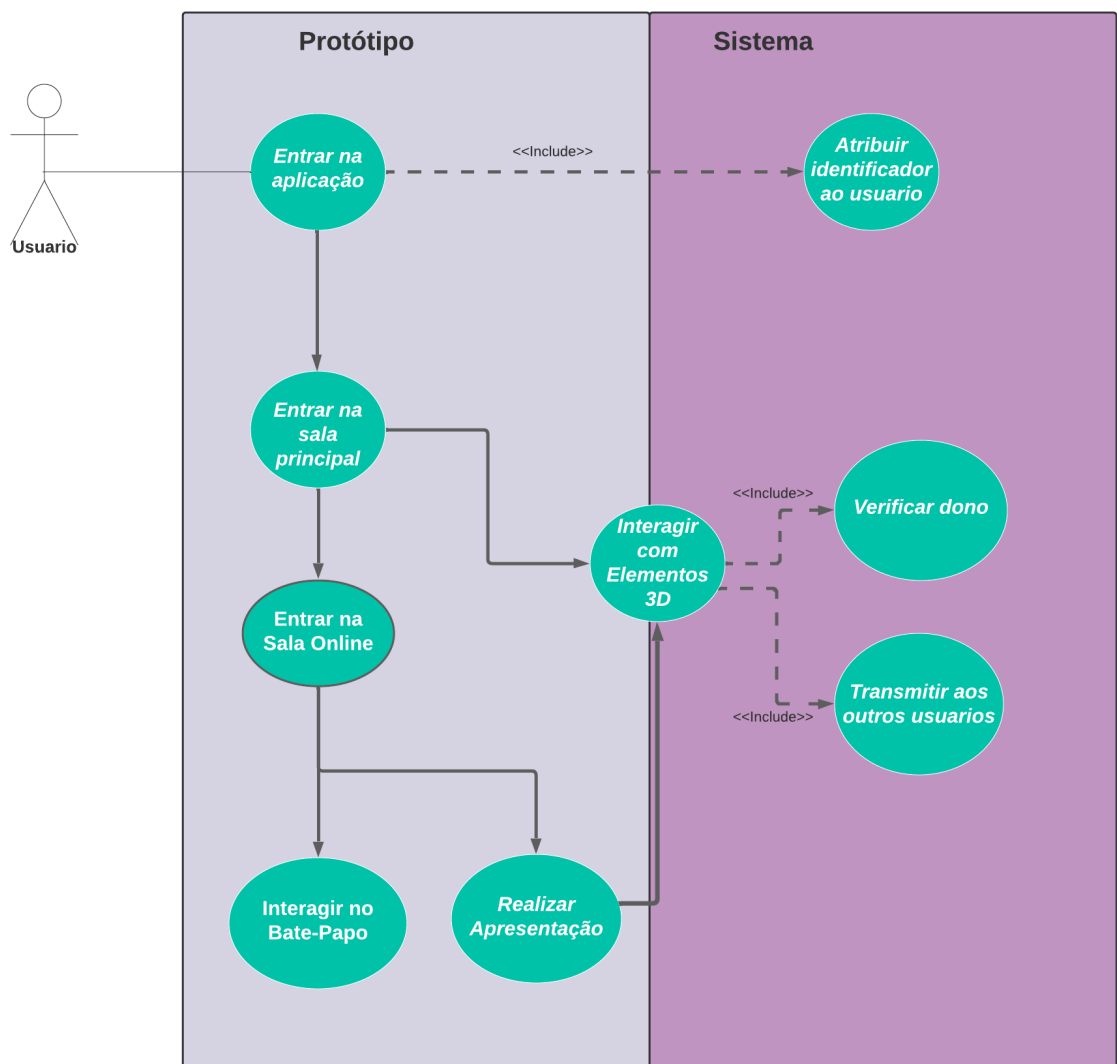


Figura 5 – Sala de apresentação

4.1.1 Software

Para realização de integração de objetos tridimensionais e criação de um mundo interativo foi escolhido usar a ferramenta Unity pela acessibilidade, compatibilidade com

aplicação Android, maior gama de material gratuito disponível e pacotes de ferramentas. A Unity possui um pacote de ferramentas voltado a tecnologias de realidade estendida muito útil para o desenvolvimento de aplicações em RV/RA. Além deste pacote de ferramenta foi utilizado o pacote da Photon Pun 2, o qual acelera o processo de criação de aplicações em tempo real.

Segundo diagrama de pesquisa e desenvolvimento o protótipo esta dividido nos seguintes itens:

- Tela de Login;
- Lobby;
- Sala de apresentação/auditório;
- Sala Alternativa.

Todos os itens estão conectados entre si a partir de um fluxo criado para a aplicação usando o Photon 2 juntamente com Unity.

4.1.2 Hardware

O HMD selecionado foi o óculos da empresa META chamado *quest 2* por sua popularização sendo um óculos que oferece mais opções a um preço médio acessível com as seguintes especificações:

- Dimensão: 191.5 mm x 102 mm x 142.5 mm;
- Peso: 503g;
- Suporte para rastreio de cabeça e mãos com 6 graus de liberdade por meio da tecnologia integrada Oculus Insight;
- Armazenamento de 256GB;
- Display LCD com resolução de 1832x1920 para cada olho;
- Taxa de atualização entre 72-90 Hz;
- SoC(System on Chip): Qualcomm® Snapdragon™ XR2;
- Audio e Microfone integrado;
- RAM: 6GB;
- Bateria com duração de 2-3 horas;
- Porta USB-C.

O HMD *quest 2* funciona com o princípio binocular proporcionando uma visão estereoscópica. Segundo (RAPOSO *et al.*, 2004), a visão estereoscópica ocorre pelas diferenças de imagens geradas pelo olho direito e pelo olho esquerdo separadas em uma certa distância e quando processadas pelo cérebro dão a nós uma noção de

profundidade. Com isso, tem-se a ideia de imersão em um ambiente com objetos com diferentes distâncias.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para o protótipo foi criado a tela de login podendo acessar anonimamente ou com um nome de usuário que aparece após inicializar a aplicação.



Figura 6 – Tela inicial da Aplicação.

O usuário pode escolher entre entrar anonimamente ou digitar um nome. Para digitar um nome aparece um teclado virtual e um campo para a escrita.



Figura 7 – Teclado virtual.

Após conectar a aplicação, o usuário é direcionado para o *lobby*, que é uma sala inspirada no LABTEC e nesta sala possuem referências de outros projetos realizados pelo laboratório.



Figura 8 – Sala inspirada no LABTEC.

Dentro da sala de *lobby* há objetos referentes a biologia humana confeccionados pelo LABTEC para interação a partir dos controles.

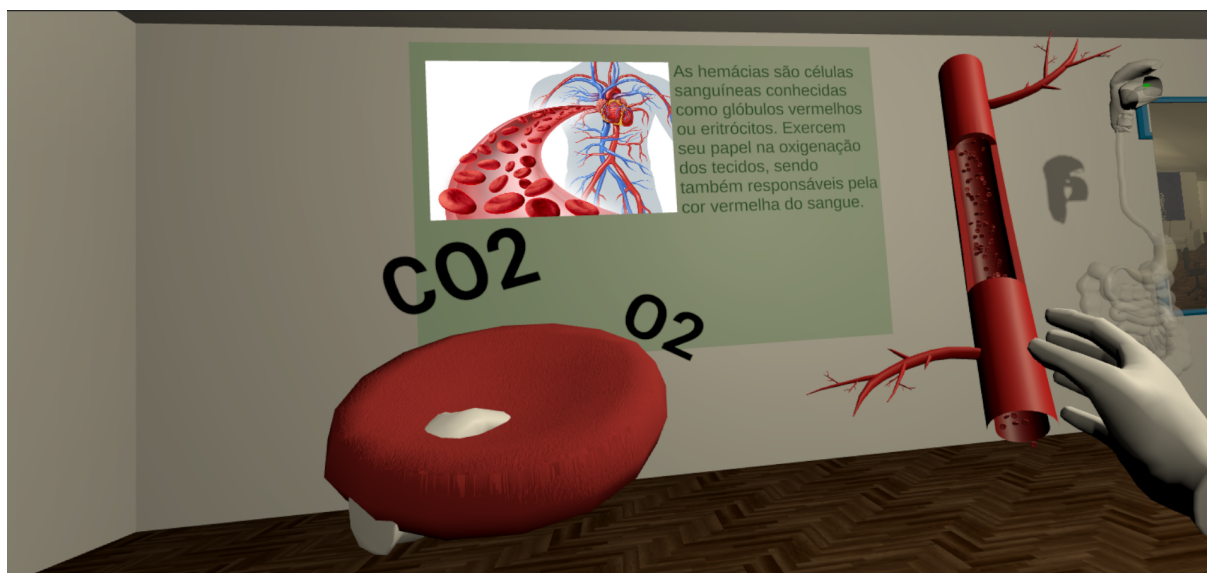


Figura 9 – Interação com objetos 3D

A partir do *lobby* é possível entrar em outras duas salas sendo uma de apresentação e outra de bate papo. Observa-se na figura abaixo que cada sala possui um campo de contagem de membros na parte inferior que comporta um máximo de 20 membros.



Figura 10 – Escolha de sala

O auditório é uma sala de uso integrado que possui um quadro para apresentações. Nesta sala cada usuário entra com um Avatar básico pré-definido.



Figura 11 – Sala de apresentação

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo em tela foi desenvolvido um protótipo original de ambiente educacional virtual, baseado em RV no metaverso, para o ensino de biologia. Para tanto, foi projetado elementos 3D no ambiente virtual, imagens e animações.

No desenvolvimento desse protótipo foi preciso superar algumas dificuldades, como o fato de o metaverso não estar instituído nas disciplinas dos cursos regulares de engenharia da computação, dificultando a busca de materiais e informações. Além disso, há poucas oportunidades de experimentação e escassos artigos, os quais em sua maioria sem o descritivo das etapas de criação.

Especialmente na parte de criação de servidor e transmissão de elementos para outros usuários, não foi localizado material suficiente para o estudo. Diante disso, foi realizado pelo autor um curso sobre criação de aplicações online multiplayer em RV e estabelecido por ele contatos com técnicos e colegas de trabalho para esclarecer dúvidas, trocas de experiências e descobertas sobre metaverso.

Contudo, apesar da velocidade com que o metaverso se expandiu, ainda é uma tecnologia relativamente nova, no qual persiste um conjunto de limitações para o desenvolvimento de projetos. Desta forma, este artigo foi desenvolvido com o intuito de contribuir para o conhecimento da engenharia da computação sobre aplicação do metaverso no ensino.

O protótipo desenvolvido neste estudo corrobora com a literatura, demonstrando as potencialidades da aplicação do metaverso no ensino. É possível verificar que a principal vantagem relacionada ao aprendizado é a possibilidade de visualização de conteúdos abstratos de forma mais concreta. Uma experiência imersiva possibilita maior interação do estudante com o objeto de estudo, com mais profundidade de detalhes proporcionadas pela experiência visual interativa e que pode ser compartilhada em grupos, alcançando um número ampliado de pessoas.

5.1 PERSPECTIVAS FUTURAS

A perspectiva geral, na previsão de especialistas como Tim Cook (THE METAVERSE STANDARDS FORUM, 2022), aponta que, apesar de ainda ser pouco compreendida pela população em geral, a visão de uma internet 3D aberta já existe e tem se desenvolvido ao lado do mundo real, permitindo aos participantes levar suas identidades e avatares entre diferentes espaços virtuais interoperáveis.

Diversas melhorias tecnológicas têm sido realizadas nos dispositivos de RV e sua aplicação vem crescendo em escritórios, comunidades virtuais e corporativas. Entretanto, ainda é necessário aumentar conforto de uso do HMD, uma vez que é preciso reduzir os efeitos de sintomas de fadiga ocular e enjoo, experimentados por usuários em contínuas horas de imersão em RV.

Em relação ao protótipo do metaverso para o ensino da biologia, esse experimento é uma etapa inicial da proposta. Nesse protótipo, o tipo de metaverso utilizado foi de RV, organizado para a produção de alguns aspectos do conteúdo de biologia. Não houve a intenção de dar conta de sua amplitude enquanto projeto didático-pedagógico, visto que necessita de maior organização de conteúdo didático, produzido por professores especialistas da área e que poderá ser planejado futuramente, na continuidade desse projeto.

O objetivo central foi o desenvolvimento de tecnologias do protótipo, utilizando as ferramentas para conectar imagens do real e o virtual e de pessoas a partir dos avatares. Para sua efetividade e expansão enquanto atividade de aprendizagem, carece inserir etapas adicionais, que incluam maiores atrativos nos designers instrucionais, tecnologia relacionada a exibição de informação e de modelagem.

Importante, também, avaliar o desenvolvimento cognitivo e competências requeridas na biologia para desenvolver recursos que estimulem maior experiência de liberdade e criatividade. Para isso, é possível projetar atividades autogeridas que dialoguem com o interesse dos alunos. Criar um ambiente de aprendizagem que permita introduzir questões baseadas em autonomia e interação em grupo para construção de respostas originais e coletivas, bem como identificar o conhecimento dos alunos sobre metaverso para superar dificuldades no uso, são formas que podem auxiliar nessa avaliação.

No que se refere a difusão, é importante desenvolver uma programação visual e o design instrucional do curso em conjunto com a equipe de gestão tecnológica da universidade. Essa experiência pode contribuir em projetos de desenvolvimento dos laboratórios digitais e espaços educacionais virtuais da UFSC. Pode ainda integrar outras modalidades de metaverso, como o mundo espelhado (com imagens reais) e registro de vida, usando-os para capturar, armazenar e compartilhar experiências cotidianas e informações sobre objetos e pessoas.

Certamente, o uso do metaverso no ensino é uma promissora modalidade de aprendizagem com aplicação de novas metodologias. Ele transcende o espaço fechado da sala de aula convencional e os limites de espaço-tempo, posto que aumenta a imersão do aluno pela participação ativa no conhecimento, através da vivência corpórea virtual e das relações sociais facilitadas pela representação dos avatares, o que muitas vezes seria limitado no mundo real.

A perspectiva de futuro aponta para a expansão da realidade virtual, com profundas transformações do mundo e do ensino para o próximo período da revolução tecnológica do ensino e a engenharia da computação é uma das áreas mais promissoras a contribuir nesta transição.

REFERÊNCIAS

- ALMARZOUQI, A.; ABURAYYA, A.; SALLOUM, SA. Prediction of User's Intention to Use Metaverse System in Medical Education: A Hybrid SEM-ML Learning Approach. **IEEE Access**, v. 10, p. 43421–43434, 2022. ISSN 2169-3536.
- BARBIC, J.; D'CRUZ, M.; LATOSCHIK, M.; SLATER, M.; BOURDOT, P. **Virtual Reality and Augmented Reality**. [S.l.]: Springer, 2017. 14th EuroVR International Conference, eurovr 2017, Laval, France, December 12-14, 2017.
- DRIGAS, Athanasios; MITSEA, Eleni; SKIANIS, Charalabos. Virtual Reality and Metacognition Training Techniques for Learning Disabilities. **Sustainability**, v. 14, n. 16, 2022. ISSN 2071-1050.
- DUAN, H.; LI, J.; FAN, S.; LIN, Z.; WU, X.; CAI, W. Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. *In*: MM '21: ACM MULTIMEDIA CONFERENCE. **Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia**. Virtual Event China: ACM, 17 out. 2021. p. 153–161.
- FERREIRA, Carlos Eduardo Antônio; MAZON, Josete; POZZEBON, Eliane; OKADA, Alexandra; COSTA, Alexandre Marino. Augmented Reality to support Science education in the context of the Covid-19 pandemic: a case study. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, e503111234826, set. 2022.
- GIL, AC. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S.l.]: Atlas, 2010. ISBN 9788522458233.
- HAZAN, S. Musing the metaverse. *In*: 2008 ANNUAL CONFERENCE OF CIDOC, p. 26.
- HWANG, G.; CHIEN, S. Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 3, p. 100082, 2022. ISSN 2666-920X.
- KANEMATSU, H.; KOBAYASHI, T.; OGAWA, N.; BARRY, DM.; FUKUMURA, Y.; NAGAI, H. Eco Car Project for Japan Students as a Virtual PBL Class. **Procedia Computer Science**, v. 22, p. 828–835, 2013. ISSN 18770509.
- KATHE, P. *et al.* **2022 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition**. Boulder, CO, 2022. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/221033>.
- KIPPER, G.; RAMPOLLA, J. **Augmented reality: an emerging technologies guide to AR**. 1st ed. Amsterdam ; Boston, MA: Syngress/Elsevier, 2013. ISBN 978-1-59749-733-6.

KO, EunJin; JANG, JongHyun. The Virtual Device Managing Module of the Metaverse Assisted Living Support System. *In: INT. CONF. MODELING, SIMULATION VIS. METHODS (MSV) STEERING COMMITTEE WORLD CONGR. COMPUT., ENG. APPL. COMPUT. (WorldComp)*, p. 125–126.

KYE, B.; HAN, N.; KIM, E.; PARK, Y.; JO, S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. **J Educ Eval Health Prof**, v. 18, p. 32, 2021.

LOPES, L.; GONCALVES, V. Evaluation of the Augmented Reality Educational Application for the 2nd cycle of primary school. *IEEE, Chaves, Portugal*, p. 1–6, 2021.

MARCONI, MA.; LAKATOS, EM. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. ISBN 978-85-970107-6-3.

PARK, S.; KIM, Y. A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. **IEEE Access**, v. 10, p. 4209–4251, 2022.

PARO, Mitch R.; HERSH, David S.; BULSARA, Ketan R. History of Virtual Reality and Augmented Reality in Neurosurgical Training. **World Neurosurgery**, v. 167, p. 37–43, 2022. ISSN 1878-8750.

PREDA, M.; MORÁN, F.; TIMMERER, C. Introduction to the special issue on MPEG-V. **Signal Processing: Image Communication**, v. 28, n. 2, p. 85–86, fev. 2013. ISSN 09235965.

PRISCO, G. A Virtual World Space Agency. **Futures**, v. 41, n. 8, p. 569–571, out. 2009. ISSN 00163287.

RADOFF, J. **The Metaverse Value-Chain**. Building the Metaverse. 2021. Disponível em: <https://medium.com/building-the-metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7>.

RAPOSO, AB; SZENBERG, F.; GATTASS, M.; CELES, W. Visão estereoscópica, realidade virtual, realidade aumentada e colaboração. *In: ANAIS do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. [S.l.: s.n.]*, 2004. v. 2, p. 289–331.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIA. **TENDÊNCIAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO NO PERÍODO DE 2017 A 2030: SUMÁRIO EXECUTIVO**. [S.l.: s.n.], 2018.

STEPHENSON, N. **Snow crash**. New York: Bantam Books, 1992. (A Bantam spectra book). ISBN 978-0-553-08853-3 978-0-553-35192-7.

TAN, Yi; XU, Wenyu; LI, Shenghan; CHEN, Keyu. Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications. **Buildings**, v. 12, n. 10, 2022. ISSN 2075-5309.

THE METAVERSE STANDARDS FORUM. **The Metaverse Standards Forum**. The Metaverse Standards Forum Where Leading Standards Organizations and Companies Cooperate to Foster Interoperability Standards for an Open Metaverse. 2022. Disponível em: <https://metaverse-standards.org/>.