



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS CERES  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**CIBELE MONALISA DE ALMEIDA SILVA**

**UM PANORAMA RECENTE DO METAVERSO:  
REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA**

**CERES - GO**

**2023**

**CIBELE MONALISA DE ALMEIDA SILVA**

**UM PANORAMA RECENTE DO METAVERSO:**

**REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres, como parte dos requisitos para obtenção grau de Bacharelado em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Me. Rangel Rigo

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Paiva Melo Marin

**CERES - GO**

**2023**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SSI586      Silva, Cibele Monalisa de Almeida  
p      Um Panorama Recente do Metaverso: Revisão da  
Literatura Científica / Cibele Monalisa de Almeida  
Silva; orientador Me. Rangel Rigo; co-orientadora  
Dr<sup>a</sup>. Regina Paiva Melo Marin. -- Ceres, 2023.  
56 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Sistemas de  
Informação) -- Instituto Federal Goiano, Campus  
Ceres, 2023.

1. Metaverso. 2. Realidade virtual. 3. Realidade  
aumentada. 4. Ambientes virtuais. 5. Mídias Sociais.  
I. Rigo, Me. Rangel , orient. II. Paiva Melo Marin,  
Dr<sup>a</sup>. Regina , co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 233/2023 - GE-CE/DE-CE/CMPCE/IFGOIANO

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF Goiano

### **Sistema Integrado de Bibliotecas**

#### **TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

#### **Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Cibele Monalisa de Almeida Silva

Matrícula: 2019103202030334

Título do Trabalho: UM PANORAMA RECENTE DO METAVERSO: REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA

#### **Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano:

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?       Sim       Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

A referida autora declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres, Goiás, 20/06/2023.

(Assinado eletronicamente)

Cibele Monalisa de Almeida Silva

Assinatura da Autora e/ou Detentora dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

(Assinado eletronicamente)

Rangel Rigo

Assinatura do orientador

Documento assinado eletronicamente por:

- Cibele Monalisa de Almeida Silva, 2019103202030334 - Discente, em 20/06/2023 18:27:42.
- Rangel Rigo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/06/2023 18:25:04.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/06/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 506103  
Código de Autenticação: a0490be27e



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Ceres  
Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, 03, Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000  
(62) 3307-7100



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos 14 dias do mês de Junho do ano de 2023, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso da acadêmica Cibele Monalisa de Almeida Silva, do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, matrícula 2019103202030334, cujo título é "UM PANORAMA RECENTE DO METAVERSO: REVISÃO DA LITERATURA CIENTIFICA". A defesa iniciou-se às 21 horas e 15 minutos, finalizando-se às 21 horas e 42 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8,8 no trabalho escrito, média 9,2 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final de 9,0 pontos, estando a estudante APTA para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

*(Assinado Eletronicamente)*

Rangel Rigo - Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Indiana Esteva Gontijo - Membro externo

*(Assinado Eletronicamente)*

Jaqueline Alves Ribeiro - Membro interno

Documento assinado eletronicamente por:

- Jaqueline Alves Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/06/2023 13:36:05.
- Rangel Rigo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/06/2023 12:01:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/11/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 447787

Código de Autenticação: 1d8c622f6c



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Ceres  
Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, 03, Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000  
(62) 3307-7100



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho e do curso.

Aos meus avós, Baltazar Almeida e Sezarina Abadia, que sempre me apoiaram nos momentos difíceis e se dedicaram à minha criação.

Aos professores Rangel Rigo e Regina Paiva Melo Marin, respectivamente meu orientador e coorientadora, que apoiaram e permitiram que este trabalho fosse realizado.

*“A estrada é longa, nós seguimos  
adiante”.*

---

Lana Del Rey

## RESUMO

O metaverso é uma tecnologia em desenvolvimento que combina realidade e mundo virtual, proporcionando aos usuários interações em um ambiente simulado online. Apesar de ser teorizado há décadas, o metaverso ainda enfrenta desafios, como aprimoramento de hardware e segurança dos dados do usuário. Tecnologias descentralizadas, como o *blockchain*, estão sendo exploradas para aumentar a segurança do metaverso, protegendo dados e prevenindo fraudes no ambiente virtual. Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise abrangente do estado da arte do metaverso, respondendo a oito questões de pesquisa que abrangem sua definição, tecnologias previstas, desafios de segurança, impacto social, tecnológico e cultural, aplicações em diferentes áreas, tendências futuras e a relação com as mídias sociais. Os resultados destacam a necessidade de estudos aprofundados sobre questões éticas e de segurança, bem como a exploração do potencial do metaverso em áreas que vão além do entretenimento. Conclui-se que a análise do estado da arte do metaverso é fundamental para compreender as possibilidades e desafios dessa tecnologia em constante evolução.

**Palavras-chave:** Metaverso. Realidade virtual. Realidade aumentada. Ambientes virtuais. Privacidade. Mídias Sociais.

## **ABSTRACT**

The metaverse is a developing technology that combines reality and the virtual world, providing users with interactions in a simulated online environment. Despite being theorized for decades, the metaverse still faces challenges such as hardware improvement and user data security. Decentralized technologies, such as blockchain, are being explored to enhance metaverse security, protecting data and preventing fraud in the virtual environment. This work aims to conduct a comprehensive analysis of the state-of-the-art of the metaverse, addressing eight research questions that encompass its definition, anticipated technologies, security challenges, social, technological, and cultural impact, applications in various fields, future trends, and the relationship with social media. The results highlight the need for in-depth studies on ethical and security issues, as well as exploring the metaverse's potential in areas beyond entertainment. It is concluded that analyzing the state-of-the-art of the metaverse is crucial to understanding the possibilities and challenges of this constantly evolving technology.

**Keywords:** Metaverse. Virtual reality. Augmented reality. Virtual environments. Privacy. Social media.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – <b>Elementos e tecnologias que compõem o metaverso.</b> . . . . . | 28 |
| Figura 2 – <b>O funcionamento do <i>Blockchain</i>.</b> . . . . .            | 31 |
| Figura 3 – <b>O Funcionamento do Contrato Inteligente.</b> . . . . .         | 33 |
| Figura 4 – <b>Representação básica do funcionamento do BCIs.</b> . . . . .   | 39 |
| Figura 5 – <b>Elementos das mídias sociais.</b> . . . . .                    | 40 |

## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Descrição das perguntas de pesquisa e conclusões. . . . . | 43 |
|--|----|

## SUMÁRIO

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .  | <b>17</b> |
| <b>2</b>   | <b>METODOLOGIA</b> . . . . .   | <b>19</b> |
| <b>3</b>   | <b>REVISÃO DA LITERATURA</b> . . . . .   | <b>21</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Conceito</b> . . . . .  | <b>21</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Evolução</b> . . . . .  | <b>22</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Desafios</b> . . . . .  | <b>24</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Elementos e Tecnologias do Metaverso</b> . . . . .  | <b>28</b> |
| 3.4.1      | Escalabilidade . . . . .   | 29        |
| 3.4.2      | <i>Cloud Computing</i> . . . . .   | 29        |
| 3.4.2.1    | <i>Edge Computing</i> . . . . .  | 30        |
| 3.4.3      | <i>Blockchain</i> e Inteligência Artificial (IA) . . . . .                                     | 30        |
| 3.4.4      | IA: Áreas Importantes para o Metaverso . . . . .   | 31        |
| 3.4.5      | Economia do Metaverso . . . . .  | 32        |
| 3.4.6      | <i>Non-fungible Token (NFT)</i> . . . . .  | 32        |
| 3.4.7      | Internet das Coisas (IoT) . . . . .  | 34        |
| 3.4.7.1    | Internet das Coisas e o Metaverso . . . . .  | 34        |
| 3.4.8      | Avatar e Identidade Virtual . . . . .  | 35        |
| 3.4.9      | Segurança e Privacidade da Informação . . . . .  | 35        |
| 3.4.9.1    | Segurança e Privacidade do Avatar no Metaverso . . . . .                                       | 36        |
| 3.4.10     | Redes 5G/6G . . . . .  | 37        |
| 3.4.11     | <i>Brain Computer Interface (BCI)</i> . . . . .  | 38        |
| <b>3.5</b> | <b>Impactos Sociais</b> . . . . .  | <b>39</b> |
| 3.5.1      | Mídias Sociais . . . . .   | 39        |
| 3.5.1.1    | O Metaverso e as Mídias Sociais . . . . .  | 40        |
| 3.5.2      | Impacto Tecnológico: Possíveis Aplicações e Benefícios do Metaverso para a sociedade . . . . . | 41        |
| 3.5.3      | Regulamentação, Conflitos Culturais e Financeiros . . . . .                                    | 42        |
| <b>3.6</b> | <b>Perguntas de Pesquisa: Discussão</b> . . . . .  | <b>42</b> |

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>4</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b> | <b>49</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>          | <b>51</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, temos assistido a uma crescente evolução das tecnologias de realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR). Nesse contexto, surgiu o termo “metaverso”, introduzido pela primeira vez em 1992 no livro ‘Snow Crash’ de Neal Stephenson. Nele, o autor descreve uma forma de simulação da vida real, na qual as pessoas interagem como avatares em um mundo digital compartilhado (ZOMPERO, 2022).

Assim como qualquer lugar na Realidade, a Rua está sujeita a desenvolvimento. Desenvolvedores podem construir suas próprias ruelas a partir da principal. Eles podem construir edifícios, parques, placas, assim como coisas que não existem na Realidade, como imensos shows de luzes no céu, bairros especiais onde as regras do espaço-tempo tridimensional são ignoradas, e zonas de combate livre onde as pessoas podem entrar para caçar e matar umas as outras. A única diferença é que, como a Rua não existe de verdade – ela é apenas um protocolo de computação gráfica escrito em um pedaço de papel em algum lugar –, nenhuma dessas coisas está sendo construída fisicamente (STEPHENSON, 2003, p. 29).

O progresso tecnológico tem transformado significativamente a forma como nos comunicamos e é inegável que o metaverso está se expandindo rapidamente. Nesse cenário, o metaverso surge como uma tecnologia em expansão que tem capacidade de imergir quase completamente os sentidos humanos em um ambiente digital (PARK & KIM, 2022).

Recentemente, um estudo foi conduzido em vários países, incluindo o Brasil, para avaliar a compreensão e a aceitação do metaverso pela população. Segundo os resultados, 60% dos brasileiros consideram benéfica a inserção do metaverso na vida das pessoas, enquanto a média global de aprovação é de 50% (IPSOS, 2022). Esses dados ressaltam a importância da popularização e da opinião pública favorável a tecnologias que visam a socialização, com o objetivo de garantir a adoção generalizada do metaverso.

O metaverso é um conceito em desenvolvimento que tem despertado grande interesse da comunidade científica, empresarial e do público em geral devido ao seu

grande potencial de aplicação em diferentes áreas, como entretenimento, negócios e educação. Em 2021, o diretor executivo do Facebook, Mark Zuckerberg, mudou o nome de sua empresa para "Meta", em referência direta ao metaverso. Ele acredita que o metaverso seja o futuro da tecnologia, mudando o paradigma de redes físicas e virtuais, também influenciando diretamente na forma das pessoas se relacionarem socialmente (PIETRO & CRESCI, 2021).

Portanto, o objetivo deste trabalho é revisar a literatura científica sobre o conceito de metaverso, incluindo sua definição, aplicações e consequências sociais, culturais e tecnológicas. Além disso, serão identificados pontos relacionados aos pré-requisitos de acesso ao metaverso, a segurança e privacidade oferecida ao usuário, identificando serviços que poderão ser disponibilizados através do metaverso e mostrando também a relação entre metaverso e as mídias sociais. Este estudo é relevante por contribuir para o entendimento do metaverso como um fenômeno em ascensão, oferecendo uma visão ampla sobre suas potencialidades e desafios.

## 2 METODOLOGIA

Neste trabalho, a revisão da literatura será apresentada como base para a compreensão do objeto de estudo. Para isso, serão discutidos assuntos relacionados ao tema, visando a construção de uma estrutura sólida para a análise das informações coletadas. A revisão bibliográfica abordará os tópicos apresentados no final da introdução, buscando responder às questões elaboradas para direcionar o trabalho. A partir dessa revisão, espera-se obter uma melhor compreensão do problema de pesquisa e das questões a serem investigadas.

Para alcançar o objetivo proposto, a revisão da literatura foi realizada em bases de dados digitais, incluindo o *IEEE Xplore*, *Scopus*, *Sci-hub*, *Google Scholar* e *Periódicos Capes*. Foram utilizadas as palavras-chave: "segurança e privacidade no metaverso", "realidade virtual", "elementos do metaverso", "metaverso", "avatar virtual", "tendências futuras do metaverso" e "metaverso e impacto social" e suas versões em inglês: "*security and privacy in the metaverse*", "*virtual reality*", "*elements of the metaverse*", "*metaverse*", "*virtual avatar*", "*metaverse future trends*" e "*metaverse and social impact*", a fim de abranger artigos de diferentes idiomas e países. Essa abordagem tinha o propósito de encontrar mais materiais relacionados ao metaverso. A maioria dos artigos selecionados foi publicada entre 2018 e 2022, e alguns trabalhos mais antigos foram mencionados para demonstrar as fases iniciais do metaverso. Além das bases de dados acadêmicas, foram consultados sites que ofereciam conteúdo relevante para contextualização de notícias e estatísticas recentes sobre o metaverso.

Durante a busca pelos trabalhos científicos, foram lidos os resumos de um total de 75 materiais, dos quais 66 foram selecionados (entre artigos, livros ou sites). Alguns artigos não puderam ser acessados devido à restrição de acesso pago, e, portanto, foram excluídos da análise por não estarem disponíveis para consulta.

Após a busca dos trabalhos científicos, realizou-se uma pré-seleção com base nos resumos, estabelecendo critérios para escolher os trabalhos mais adequados ao tema, considerando a relevância do conteúdo, a data de publicação e a disponibilidade de acesso.

Os artigos selecionados foram lidos na íntegra, o que permitiu abordar oito questões de pesquisa desenvolvidas para orientar o andamento deste trabalho:

1. Qual é o conceito de metaverso?
2. Quais tecnologias são previstas para o metaverso?
3. Quais são os desafios para o acesso seguro do usuário ao ambiente virtual?
4. Como o metaverso evoluiu ao longo do tempo?
5. Qual é o impacto social e tecnológico do metaverso?
6. Quais são as aplicações do metaverso em diferentes áreas, como entretenimento, negócios e educação?
7. Qual é o panorama atual do metaverso e suas tendências futuras?
8. Qual a relação do metaverso com as mídias sociais?

Essas etapas permitiram uma análise mais aprofundada sobre o assunto, proporcionando uma base para a elaboração e desenvolvimento deste estudo.

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

Este capítulo tem como propósito realizar uma revisão abrangente da literatura atual sobre o metaverso, um conceito que tem despertado um interesse crescente na sociedade, nas grandes empresas e de líderes tecnológicos, devido à sua crescente relevância, potencial e impacto que vão além da área do entretenimento. Por meio dessa revisão, busca-se fornecer uma visão panorâmica do conhecimento existente, explorando a evolução do metaverso, os desafios que ele enfrenta e as consequências sociais e tecnológicas decorrentes. Ao longo do capítulo, serão abordados os tópicos e subtemas que visam responder às oito perguntas de pesquisa que foram estabelecidas ao final da seção de metodologia. Essas perguntas orientarão a análise e permitirá obter percepções significativas sobre o metaverso e seus diversos aspectos.

#### **3.1 Conceito**

Conforme a definição de Bainbridge (2007), o metaverso é uma realidade virtual na qual os indivíduos podem interagir no ambiente simulado por meio de avatares, que são representações virtuais do usuário. Essa realidade combina elementos da realidade física e da virtualidade.

De acordo com Mystakidis (2022), o termo "metaverso" é composto pelas palavras "meta", que significa "além", e "verso", que representa "universo". Nesse sentido, o metaverso representa uma forma de pós-realidade que possibilita a projeção a outras realidades por meio da tecnologia, onde a interação entre os indivíduos é possível em tempo real e com grande imersão.

Uma das formas de se manifestar no metaverso é por meio do uso de avatares, que são representações gráficas customizáveis de um indivíduo. Esses avatares podem ser personalizados de acordo com as possibilidades oferecidas pelo ambiente virtual.

### 3.2 Evolução

O termo "metaverso" surgiu pela primeira vez em 1992 no romance "Snow Crash" de Neal Stephenson. Desde então, a ideia tem sido explorada em diversas obras, incluindo o livro "Ready Player One" de Ernest Cline. Publicado em 2011, o livro foi adaptado para o cinema em 2018 por Steven Spielberg (IBERDROLA, s.d.a). A trama se passa em 2045, em um mundo onde a maioria da população vive dentro de um jogo de realidade virtual chamado OASIS. Quando o criador do jogo morre, é revelado que há um *Easter Egg* dentro do OASIS que, se encontrado, dará ao jogador toda a sua fortuna. Porém, o protagonista da história acaba percebendo que essa busca vai além do ambiente virtual e o obriga a confrontar a realidade que todos tentavam evitar (PAUTA, 2018). Assim, "Ready Player One" mostra como a realidade virtual pode ter consequências significativas no mundo real.

Segundo um artigo da Forbes, escrito por Pacete (2022), mostra que o mercado de jogos continuará crescendo, com estimativa de movimentar cerca de 204,6 bilhões de dólares em 2023. O mercado de jogos online tem experimentado um desenvolvimento acelerado nos últimos anos, impulsionado pela constante evolução tecnológica. Jogos multiplayer, como Fortnite (lançado em 2017) e Roblox (lançado em 2006), permitem que vários jogadores participem da mesma partida usando conexão com a internet e tenham experiências imersivas que simulam a vida real. Durante a pandemia do COVID-19 em 2020, esses jogos receberam um grande investimento. O metaverso é uma realidade virtual compartilhada em que múltiplos usuários podem interagir em um espaço comum, e é visto como a próxima fronteira da tecnologia de jogos (PIETRO & CRESCI, 2021).

Além dos jogos mencionados, existem outras plataformas que oferecem experiências imersivas em ambientes virtuais compartilhados. Um exemplo é o VRChat, que permite aos usuários participar de salas de conversa e atividades em conjunto em um ambiente virtual, fazendo amigos, criando mundos, personalizando seus avatares e construindo uma comunidade (VRCHAT, s.d.). Outro exemplo é o Second Life, que é um aplicativo de realidade virtual que permite aos seus usuários criar e desenvolver uma ampla variedade de objetos e locais virtuais (LIANG *et al.*, 2008). Lançado em 2003, o Second Life pode ser considerado um projeto pioneiro de *Community Portal Worlds*, desenvolvido com o objetivo de criar comunidades virtuais. Embora compartilhe algumas

semelhanças com o conceito mais recente de metaverso (realidade virtual compartilhada), o Second Life acabou por não se consolidar devido a problemas relacionados à infraestrutura tecnológica da época, como a falta de uma boa conexão de internet e computadores mais rápidos (AGGARWAL, 2022). Segundo Correia e Eiras (2009), o Second Life teve um papel importante no desenvolvimento de novas formas de interação e colaboração em ambientes virtuais, mas foi limitado pela sua própria infraestrutura. Essas plataformas mostram que o metaverso está se tornando cada vez mais uma realidade, possibilitando interações e a colaboração entre pessoas em mundos virtuais.

O metaverso tem sido amplamente explorado como plataforma de entretenimento, especialmente no meio gamer, como demonstrado pelo show da cantora Ariana Grande realizado dentro do jogo Fortnite da Epic Games em 2021, que trouxe uma experiência imersiva a milhões de pessoas de várias partes do mundo (FORTNITE, 2021). Porém, as possibilidades de aplicação da tecnologia de imersão vão muito além do entretenimento, incluindo áreas como saúde, negócios, educação, arte e mobilidade urbana. Por exemplo, estudos apontam que o metaverso pode ser uma ferramenta valiosa para o treinamento de novos profissionais na área da saúde, para a criação de lojas virtuais que oferecem uma experiência de compra mais conveniente aos consumidores, e para exposições de arte em ambientes virtuais (NING *et al.*, 2021). Além disso, a tecnologia pode ter um impacto significativo na mobilidade urbana, permitindo reuniões e encontros de negócios virtuais que reduzem a necessidade de locomoção física (LAHOTI, 2022).

Com o avanço das tecnologias, estamos vivenciando uma nova era de possibilidades virtuais que pareciam apenas ficção científica. Embora ainda esteja em sua fase inicial, o metaverso já está despertando o interesse de grandes nomes da tecnologia, como Mark Zuckerberg, o fundador do Facebook e CEO da Meta, que acredita no potencial de sua empresa de conectar pessoas, inovando as interações humanas, o entretenimento e a forma de trabalhar, pois o metaverso é a próxima fronteira, assim como as redes sociais foram (BERNARDO, 2021).

O metaverso hoje se equipara a quando a internet estava no começo do seu desenvolvimento para a internet que temos hoje, por volta dos anos de 1990 até os anos 2000. O ambiente virtual toma forma no mundo *business*, principalmente nesta fase em que o home office está sendo muito utilizado, onde pode ser aplicado de diversas formas além do entretenimento, como *onboardings*, treinamento de pessoal, reuniões e

experiências virtuais.

Segundo Barbosa (2022), autora na revista Forbes, algumas marcas já investem no metaverso, como por exemplo a Nike, Ralph Lauren, Itaú, Vans, Fortnite, Gucci, Balenciaga, Burberry, Stella Artois e Lojas Renner. Além disso, algumas outras empresas de grande porte que estão tomando iniciativas dentro do metaverso, incluindo a Meta, antigo Facebook, que está trabalhando no desenvolvimento de tecnologias para socialização dentro do metaverso (LEHN, 2022) e a Microsoft, que está trabalhando em um projeto chamado Mesh, que se integrará às ferramentas do Teams, que auxiliará as pessoas a se sentirem mais próximas umas das outras no home office, tornando as reuniões a distância muito mais colaborativas e imersivas através de experiências holográficas (ROACH, 2021).

### 3.3 Desafios

O metaverso é um ambiente virtual completo que permite a intersecção entre a realidade física e virtual, criando um pequeno universo fora da realidade tangível. Essa integração possibilita que os sentidos humanos, como visão, audição e tato, sejam completamente integrados (PONTUSCHKA, 2009). Para que ocorra a imersão nesse ambiente, é necessário que o usuário utilize equipamentos especiais, como capacetes, óculos, headsets e esteiras omnidirecionais (que permitem movimentação livre do usuário em um pequeno espaço através de uma plataforma móvel que pode se mover em qualquer direção e é controlada por um sistema de computador), entre outros dispositivos que podem ser desenvolvidos futuramente para aprimorar a experiência (MYSTAKIDIS, 2022).

Os autores Dionisio, III e Gilbert (2013) indicam fortes limitações que podem influenciar significativamente o desenvolvimento do metaverso:

- Necessidade de imersão do usuário no mundo virtual com a utilização de equipamentos para melhorar a experiência pode ser limitante para o uso generalizado.
- Limitações na reprodução de outros sentidos, como olfato, paladar, equilíbrio e temperatura, que não são tão fáceis de reproduzir na realidade virtual como os sentidos de visão, toque e som.



- Dificuldade na reprodução fiel de gestos e expressões humanas pelos avatares para que eles pareçam mais "vivos". Uma das alternativas atuais para contornar esse problema é a utilização de detalhes pré-renderizados.
- Necessidade de que as roupas e acessórios pareçam mais naturais, acompanhando o realismo de movimento e expressão.
- Capacidade de acesso a partir de vários dispositivos e locais, permitindo que o ambiente virtual seja acessado de qualquer lugar e garantindo o armazenamento de experiência e identidade do usuário.
- Escalabilidade do mundo virtual, para que ele possa suportar grandes variações de usuários no metaverso sem problemas de conexão.
- Interoperabilidade, possibilitando a transição entre sessões virtuais sem interrupções.

À medida que o metaverso se torna mais difundido, é importante que as empresas que o desenvolvem sejam cuidadosas com a segurança e a privacidade dos dados dos usuários, especialmente quando se trata de informações sensíveis, como características físicas, biométricas e até mesmo fisiológicas, usadas para melhorar a experiência de imersão dos usuários (ZHAO *et al.*, 2022).

Os princípios anteriormente mencionados ressaltam a importância do aprimoramento de quatro áreas fundamentais para o desenvolvimento de um ambiente virtual aperfeiçoado e funcional: realismo imersivo, ubiquidade de acesso e identidade, interoperabilidade e escalabilidade. O realismo imersivo, por exemplo, visa criar um ambiente virtual que se aproxime o máximo possível da realidade física e observável, proporcionando ao usuário uma experiência sensorial rica e completa. Além disso, é importante considerar a ubiquidade de acesso e identidade, permitindo que os usuários possam acessar o metaverso de qualquer lugar e a qualquer momento, identificando-se de forma segura e autêntica. A interoperabilidade, que se refere ao potencial de sistemas trabalharem em conjunto de forma eficiente, possibilita a troca de informações entre diferentes plataformas virtuais. Por fim, a escalabilidade permite que o ambiente virtual possa crescer e evoluir de forma sustentável, sem comprometer a qualidade da experiência do usuário. Considerando esses aspectos, busca-se criar um ambiente virtual que transcenda

as sensações físicas, abrangendo também o âmbito psicológico e emocional do indivíduo (DIONISIO *et al.*, 2013).

A construção do metaverso funcional depende de avanços em várias tecnologias que precisam funcionar de forma a garantir a melhor performance. Algumas das tecnologias que ainda estão em desenvolvimento e que serão fundamentais para a criação do metaverso são: *cloud computing*, Internet 5G, inteligência artificial e *Blockchain* (NING *et al.*, 2021). Entre as novas tecnologias que estão emergindo, o *Blockchain* é um exemplo de como a tecnologia pode trazer avanços importantes para o metaverso. Essa tecnologia possibilita a criação de registros descentralizados e imutáveis de todas as transações realizadas no ambiente virtual, permitindo maior transparência aos usuários e aplicativos que usem programas de terceiros (GADEKALLU *et al.*, 2022). Com isso, transações como a troca de criptomoedas dentro do metaverso podem ser realizadas de forma mais segura e eficiente.

No entanto, para além das limitações tecnológicas, ainda existem desafios éticos e socioeconômicos que precisam ser superados para que essa tecnologia seja popularizada. A busca pela construção do metaverso ideal tem trazido à tona problemas cada vez mais complexos relacionados à privacidade e segurança. A imersão nesse mundo virtual requer o uso de diversos dispositivos de hardware, o que leva ao armazenamento de informações sensíveis, demandando uma preocupação adicional com a proteção dos dados dos usuários. Por exemplo, tecnologias que permitem a conexão do corpo físico com um avatar no mundo virtual, utilizando equipamentos de reconhecimento corporal, gestos, objetos e ações, geram uma grande quantidade de dados que podem ser violados, copiados e utilizados de forma indevida. Além disso, a obtenção de informações de autenticação necessárias para minimizar os riscos de segurança é uma tarefa difícil (KIM & JUNG, 2021).

A privacidade e a segurança dos dados pessoais são questões cada vez mais relevantes nos dias atuais. A coleta, uso e compartilhamento inadequados dessas informações podem gerar problemas graves para os usuários de determinada rede ou aplicação (MARIN, 2015). No contexto do metaverso, esses desafios são ainda mais complexos, uma vez que a imersão nesse ambiente virtual exige o uso de dispositivos que coletam dados sensíveis dos usuários, como gestos e movimentos corporais. Diante disso, surge a necessidade de adotar medidas efetivas de controle e autenticação, a fim de garantir a

segurança e a privacidade desses dados para que se torne um ambiente seguro para seus usuários.

A concentração de recursos e dados em um provedor de serviços pode torná-los mais vulneráveis a ameaças e abusos, destacando a necessidade de soluções mais seguras e descentralizadas. Nesse contexto, tecnologias como a descentralização *peer-to-peer* (P2P), e o uso de *Blockchain*, se tornam aliados importantes para criar barreiras poderosas contra a violação de dados, uma vez que limitam a posse e o controle desses dados por uma autoridade central ou servidor centralizado (MARIN, 2015). Isso é particularmente importante no metaverso, onde os usuários imersos em ambientes virtuais podem acumular grandes quantidades de informações pessoais sensíveis, exigindo proteção robusta contra a invasão e violação de dados.

A evolução constante da tecnologia e a prática de data mining levantam dúvidas crescentes quanto à segurança e privacidade dos usuários no metaverso. A exposição de pontos de falha pode levar a violações de dados sensíveis, o que ameaça o avanço dessa tecnologia. Para lidar com essa questão, é necessária uma análise multidisciplinar que envolva áreas como ciência da computação, engenharia, filosofia e ciências sociais. Por exemplo, a filosofia pode ajudar a definir princípios éticos e de justiça para a coleta e uso de dados no metaverso, enquanto as ciências sociais podem estudar as implicações dessas práticas para a sociedade em geral (PIETRO & CRESCI, 2021). É importante abordar essas questões de maneira aberta e colaborativa, e trabalhar em conjunto para desenvolver soluções sustentáveis e seguras para o metaverso.

É evidente que dados se tornaram um valioso produto na Internet. As redes sociais são um bom exemplo de como os algoritmos certos podem encontrar informações valiosas para influenciar grandes massas. Através do uso de dados, é possível personalizar anúncios e traçar linhas de gostos pessoais de usuários, incluindo opiniões políticas. No metaverso, essa coleta de dados pode se tornar ainda mais intrusiva, permitindo que movimentos corporais, respostas físicas e até mesmo ondas cerebrais sejam mapeadas e utilizadas para coletar informações ainda mais detalhadas sobre os usuários. Esse aumento de informações pessoais torna-se ainda mais preocupante, pois a linha entre a simulação e a vida real é muito mais tênue. Além disso, os problemas comportamentais que surgem dentro do metaverso aumentam o risco de crimes virtuais, como perseguição e danos morais à integridade do indivíduo (PIETRO & CRESCI, 2021).

Para Fernandez e Hui (2022), o metaverso está prestes a transformar radicalmente a sociedade e a maneira como vivemos, possibilitando que os usuários expressem sua criatividade sem limites. Contudo, esse novo mundo virtual pode enfrentar desafios significativos decorrentes da presença de usuários mal-intencionados. Nesse sentido, é necessário desenvolver sistemas e regras que desencorajam comportamentos antiéticos dentro do metaverso. No entanto, a implementação dessas medidas pode criar um impasse, uma vez que diferentes regiões do mundo possuem regras e normas distintas, o que pode restringir a criação de um metaverso verdadeiramente global.

### 3.4 Elementos e Tecnologias do Metaverso

Na figura 1, são identificadas algumas destas tecnologias e elementos que podem compor o metaverso futuramente:



**Figura 1 – Elementos e tecnologias que compõem o metaverso.**

Fonte: Adaptado de (MOZUMDER *et al.*, 2022).

O metaverso é um sistema complexo que exige uma ampla gama de tecnologias para garantir seu bom funcionamento. Para construir o metaverso, são necessárias tecnologias como GPUs de alto desempenho, redes de alta velocidade, armazenamento de dados escaláveis e tecnologias de processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina. Essas tecnologias garantem que o metaverso possa reproduzir de forma precisa as características do mundo real e proporcionar uma experiência imersiva para os

usuários. Além disso, conceitos e elementos já existentes nas mídias sociais tradicionais também podem estar vinculadas ao metaverso.

Para proporcionar uma compreensão mais aprofundada dos elementos apresentados na Figura 1, serão apresentados a seguir tópicos com descrições sucintas sobre cada um deles, destacando suas características gerais e sua relevância para o desenvolvimento do metaverso. Dessa forma, será possível compreender melhor como esses elementos se interconectam e contribuem para a construção do universo virtual, que exige tecnologias cada vez mais avançadas para simulações cada vez mais realistas.

### 3.4.1 Escalabilidade

A escalabilidade é a capacidade de um sistema de se adaptar a demandas, mesmo que estas sejam muito maiores do que o normal, sem comprometer o desempenho. No caso do metaverso, essa escalabilidade se torna ainda mais crítica devido à sua complexidade tecnológica, que envolve uma forte integração entre o mundo virtual e o mundo físico, gerando um grande volume de dados em tempo real. Para atender a essa demanda, os novos modelos de metaverso dependem de um processamento de dados rápido e eficiente, combinado com uma transmissão de dados de alta velocidade (DU *et al.*, 2022). Isso ressalta a importância da escalabilidade para o metaverso, já que é necessário suportar um grande número de usuários simultaneamente sem perda de qualidade do serviço (ANDRADE & CENDÃO, 2022).

Um artigo da Microsoft (MICROSOFT, 2021), destaca os grandes desafios enfrentados no processamento de dados em tempo real, incluindo o suporte à gravação de dados em alto volume, a tomada de decisão rápida com base nos dados e a geração de alertas e relatórios em tempo real. Isso mostra que a escalabilidade não é apenas importante para o metaverso, mas também é um desafio significativo que deve ser abordado de maneira cuidadosa e estratégica.

### 3.4.2 *Cloud Computing*

Para uma melhor eficiência em aplicações de grande porte, pode ser mais vantajoso optar por redes distribuídas em vez de uma rede centralizada. Nesse sentido, a tecnologia de *Cloud Computing* oferece recursos virtuais otimizados que se ajustam

conforme as flutuações no volume de processamento.

A seguir, são apresentados alguns conceitos simples relacionados à *Cloud Computing*, conforme descritos por VERDI *et al.* (2010):

1. Modelo de pagamento e origens: estratégias voltadas para lucro, onde são realizadas cobranças para a utilização de um serviço *Cloud*.
2. Compartilhamento de recursos: são fornecidos a quantidade de recursos solicitados pelo usuário utilizando do recurso de virtualização.
3. Virtualização: divisão de um servidor físico em vários servidores virtuais por meio de software. Isso permite poupar recursos de energia e arrefecimento.
4. Escalabilidade: Em *Cloud Computing* ocorre por meio do redimensionamento da máquina virtual.

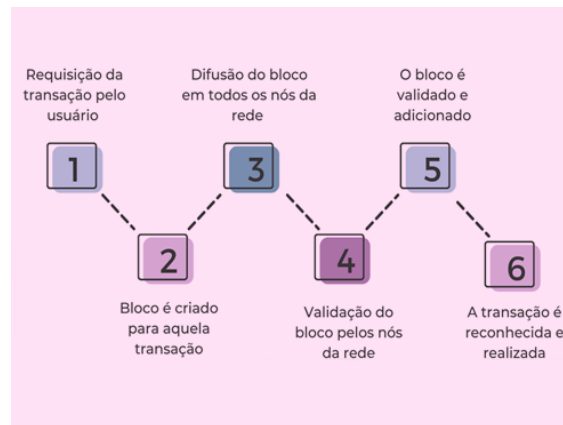
#### **3.4.2.1 Edge Computing**

A computação de borda, também conhecida como *Edge Computing*, busca a proximidade entre a computação e o armazenamento de dados com as fontes de origem, possibilitando uma resposta mais rápida em comparação com a computação em nuvem tradicional (CAO *et al.*, 2020).

#### **3.4.3 Blockchain e Inteligência Artificial (IA)**

O *Blockchain* é uma tecnologia distribuída que registra e criptografa transações em blocos imutáveis de dados, mantidos por uma rede de computadores, sem a necessidade de uma entidade central. No futuro, a interoperabilidade entre diferentes mundos virtuais será possível no metaverso. A identidade virtual de cada usuário será vinculada a um *token*, permitindo que os usuários realizem compras e transações com segurança. O *Blockchain* será crucial para esse processo (MACHADO, 2022). Enquanto isso, a IA busca fazer com que as máquinas executem tarefas complexas e interajam com os usuários de forma realista e natural, por meio de tecnologias como *chatbots*, reconhecimento de voz e gestos. Ambas as tecnologias estão em constante aprimoramento e são vistas como ideais para o desenvolvimento do metaverso. A IA pode ser treinada para lidar com

grandes quantidades de dados e criar conteúdo inteligente, enquanto o *Blockchain* pode garantir a segurança das transações e a utilização de criptomoedas no mercado digital (YANG *et al.*, 2022).



**Figura 2 – O funcionamento do *Blockchain*.**

Fonte: Adaptado de (LAMOUNIER, 2018).

#### 3.4.4 IA: Áreas Importantes para o Metaverso

O Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) é uma das tecnologias de Inteligência Artificial mais utilizadas atualmente. Trata-se da capacidade dos sistemas de identificar padrões, aprender e tomar decisões com base em dados. Para o metaverso, o Aprendizado de Máquina pode ser utilizado para aprimorar a interatividade entre humanos e máquinas, permitindo a criação de avatares mais realistas a partir de fotos dos usuários, bem como tornando tarefas dentro do ambiente virtual mais simples e intuitivas (GHANTOUS & FAKHRI, 2022). A aprendizagem profunda (*Deep Learning*) utiliza-se de grupos de algoritmos a fim de se obter abstrações complexas que aprimoram a capacidade de aprendizado das máquinas. A máquina aprende com grandes volumes de dados e algoritmos que conferem a ela a capacidade de compreensão que permite aprender a executar tarefas, diferente de *Machine Learning*, que ainda necessita do mínimo de intervenção humana para a execução de tarefas (COPELAND, 2021). O *Reinforcement Learning*, ou aprendizado por reforço, é um método de aprendizado de máquina que utiliza tentativa e erro em ambientes interativos com o intuito de gerar feedbacks de suas experimentações e comportamentos com um sistema de recompensas e punições para a

distinção do que é positivo ou negativo (BHATT, 2018).

A visão computacional também é uma área muito importante para o metaverso, pois proporciona aos usuários uma experiência muito realista, usando a compreensão de imagens e vídeos, fazendo com que dispositivos de realidade estendida sejam capazes de compreender informações visuais (NALBANT & UYANIK, 2021).

Segundo um tópico publicado no site do Google, esse processo usa o aprendizado de máquina para resolver a estrutura e o significado de textos com o fim de extrair *insights* de dados, tais como informações sobre pessoas, opiniões do público levantadas nas mídias sociais e conversações (GOOGLE, s.d.). Além disso, o processamento de linguagem natural pode ser aprimorado com a ajuda de modelos de linguagem, como o *ChatGPT*, uma tecnologia inovadora desenvolvida pela OpenAI, que utiliza uma rede neural de grande porte treinada com uma vasta quantidade de dados para entender e gerar textos de forma mais precisa e natural. Possuindo a capacidade de compreender a estrutura da linguagem, o *ChatGPT* pode ser utilizado para criar chatbots mais complexos e completos, além de sistemas de tradução automática mais precisos. Além disso, o *ChatGPT* pode ser integrado a outras tecnologias de processamento de linguagem natural para melhorar a compreensão de texto, a identificação de sentimentos e análises desenvolvidas (OPENAI, 2022). Com o *ChatGPT*, é possível simplificar a comunicação, contribuindo para o desenvolvimento de diversas atividades, como atendimento ao cliente e outros casos. Essa tecnologia representa um avanço significativo na área de processamento de linguagem natural e tem potencial para transformar a forma como interagimos com a tecnologia (OPENAI, 2022).

### 3.4.5 Economia do Metaverso

### 3.4.6 *Non-fungible Token* (NFT)

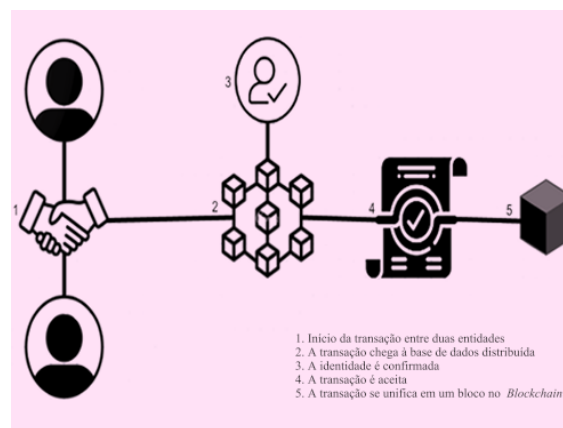
NFTs são uma espécie de ativos criptográficos onde cada um é único, por isso, não existem outros equivalentes e nem podem ser cambiados por outros iguais. Para garantir a exclusividade dos ativos digitais, o histórico de transações criptografadas é mantido permanentemente no *Blockchain* (YANG *et al.*, 2022). Ainda segundo YANG *et al.* 2022, são componentes do NFT:

- *Blockchain*: banco de dados distribuído formado por blocos de dados interligados



em uma cadeia. São imutáveis e criptografados.

- Endereço: o endereço trata-se de um identificador exclusivo para cada usuário a fim de permitir a realização de envio e obtenção de ativos digitais.
- Criptografia de dados: conversão de dados simples em texto incompreensível, muito importante para a segurança dos dados.
- Contrato inteligente: tecnologia baseada em *Blockchain* que permite que partes realizem trocas sem intermédio de terceiros de forma confiável.



**Figura 3 – O Funcionamento do Contrato Inteligente.**

Fonte: Adaptado de (IBERDROLA, s.d.b).

De acordo com YANG *et al.* (2022), o metaverso possui capacidade para formar uma economia própria, impulsionada pelos elementos digitais que compõem a virtualização de recursos. Esses elementos incluem a Criação Digital, que se assemelha ao processo de criação de itens no mundo físico e tem sua evolução baseada nos criadores de conteúdo digital e no número de pessoas alcançadas. Outro elemento importante são os Ativos Digitais, que são basicamente a venda de artigos não físicos dentro do metaverso, como, por exemplo, itens de personalização de avatares. Ainda há o Mercado Digital, uma área de negociação para avatares, na qual a IA pode atuar buscando maneiras de implementar estratégias de negociação eficientes e automatizadas, e a Moeda Digital, que é a moeda de troca dentro do metaverso totalmente virtual, podendo ser implementado um

sistema de pagamento para que os avatares possam realizar compras/vendas utilizando a moeda digital.

A economia do metaverso baseada em ativos digitais pode se beneficiar de maior interoperabilidade entre os mundos virtuais. Atualmente, o uso de ativos digitais é restrito a plataformas específicas, o que limita sua transferência para outros metaversos. Para permitir a interoperabilidade entre sistemas, é necessária uma padronização que permita a comunicação entre eles. Um exemplo de padronização são os protocolos de e-mail, como SMTP, IMAP e POP3, que permitem a comunicação entre diferentes clientes de e-mail. Da mesma forma, no metaverso, a padronização permitiria a transferência de ativos digitais entre diferentes plataformas, criando uma economia mais fluida e dinâmica (SINGH, 2022).

### **3.4.7 Internet das Coisas (IoT)**

A Internet das Coisas é uma combinação de tecnologias que permite o controle de dispositivos com o mínimo de intervenção humana, estendendo computação e conectividade a objetos. Com a utilização de tecnologias avançadas, como sensores de baixo custo e baixa potência, conectividade, computação em nuvem, machine learning e IA, a IoT está mudando o paradigma tecnológico do século XXI, impactando áreas como automotiva, industrial, fabricação e logística (ROSE *et al.*, 2015; ORACLE, s.d.)

#### **3.4.7.1 Internet das Coisas e o Metaverso**

A Internet das Coisas pode ser a chave para a conectividade entre o mundo físico e o virtual por meio dos dispositivos IoT. No entanto, a privacidade dos dados dos usuários gerados a partir da captura de elementos do mundo físico para a conversão em movimentos dentro do metaverso dependerá de protocolos de segurança bem implementados. Nesse sentido, uma alternativa eficaz para garantir a privacidade dos usuários dos serviços do metaverso é o aprendizado federado, que consiste em armazenar os dados de forma distribuída. Esse método é especialmente importante, pois os dados puros coletados nos dispositivos IoT não podem ser transmitidos para outros, garantindo assim a privacidade dos usuários (ZHANG *et al.*, 2022).

### 3.4.8 Avatar e Identidade Virtual

No contexto dos jogos, os avatares são frequentemente utilizados para representar digitalmente as pessoas em um ambiente virtual, simulando sua presença e interação com o ambiente. No metaverso, essa ideia não é diferente, sendo os avatares um conceito fundamental para representar o corpo do usuário naquele mundo virtual. Existem três aspectos principais a serem considerados na concepção dos avatares: a representação, a presença e a imersão (DAVIS *et al.*, 2009).

A representação do avatar está relacionada com sua aparência e com a forma como ele interage com o ambiente virtual (DAVIS *et al.*, 2009). Já a presença se refere à percepção do usuário de estar presente em um ambiente virtual (STEUER *et al.*, 1995). Por fim, a imersão ocorre quando o usuário sente que sua interação com o ambiente virtual é semelhante à experiência no mundo real (SCHOOL, 2019).

No entanto, para alcançar um nível mais avançado de imersão no metaverso, é necessário equipamentos que permitam o controle do avatar. Em um futuro distante, tecnologias altamente futuristas, como a interface cérebro-computador, podem permitir que os usuários controlem seus avatares por meio de um chip sem fio implantado em seus cérebros. Elon Musk, CEO da Neuralink, já demonstrou o funcionamento dessa tecnologia por meio de um chip cerebral implantado em um macaco, que foi capaz de jogar um jogo apenas com o pensamento (CHEONG, 2022).

Porém, é importante considerar as implicações éticas do uso da interface cérebro-computador em seres humanos. Questões como a proteção física e mental dos usuários, os riscos dos procedimentos cirúrgicos e suas complicações, as possíveis alterações na qualidade da memória, cognição e emoções, bem como a proteção dos dados gerados pela interface, são todas preocupações importantes que precisam ser abordadas. Além disso, é fundamental garantir o consentimento informado dos usuários antes de proceder com tais experimentos (MUDGAL *et al.*, 2020).

### 3.4.9 Segurança e Privacidade da Informação

Com as inovações tecnológicas das últimas décadas, é notável que a informação se tornou um objeto extremamente valioso nessa era de progresso tecnológico. É indispensável tomar medidas que assegurem a proteção de dados e informações contra

práticas abusivas e uso indevido (VAZ, 2007). De acordo com VAZ (2007), a segurança da informação possui três pilares fundamentais:

- **Disponibilidade:** os dados devem permanecer acessíveis a qualquer momento pelo usuário.
- **Integridade:** dados e informações não devem sofrer alterações sem autorização e credenciais de acesso, destacando a importância do uso de senhas fortes para evitar invasões. Além disso, deve-se assegurar que as informações não sejam modificadas durante o uso do serviço.
- **Confidencialidade:** garantir que os dados e informações não sejam usados para fins indevidos ou desviados.

#### **3.4.9.1 Segurança e Privacidade do Avatar no Metaverso**

O metaverso pode basear-se na construção de um sistema de gerenciamento de comportamento dos jogadores inspirado nesses jogos que já adotaram uma política de controle. É possível observar e gerar logs de eventos dentro do metaverso, sendo que avatares/usuários não podem realizar ações camufladas do sistema de observação e logs, embora possam ocultar-se ou ocultar suas atividades de outros avatares. Também é possível controlar todos os aspectos do metaverso, incluindo as interfaces do programa de aplicativos que permitem o acesso aos serviços essenciais fornecidos pelo metaverso. Avatares/usuários não podem realizar atividades fora da estrutura planejada do metaverso, mas é possível criar recursos a partir de recursos iniciais do metaverso. Por fim, é importante estabelecer regras que guiam o comportamento ético do avatar, porém isso pode levar a uma queda na qualidade da experiência. Assim como no mundo real, credibilidade e reputação derivam do comportamento, e avatares/usuários ainda podem acabar tendo um comportamento problemático, sendo necessário criar normas de punições e banimento (FALCHUK *et al.*, 2018).

Ainda segundo Falchuk, Loeb e Neff (2018), existem sete possíveis estratégias que os usuários podem solicitar para aumentar sua privacidade e segurança enquanto navegam no mundo virtual.

1. Gerar clones de avatares iguais visualmente ao usuário, com o objetivo de confundir outros avatares que estejam cometendo atos negativos ou sendo inconvenientes.
2. Gerar uma cópia privada do mundo virtual, que seria exclusiva do usuário que solicitou o plano. Isso deve ser acompanhado por regras claras para o uso deste plano.
3. Substituir o avatar do usuário por um clone com ações pré-determinadas, enquanto o avatar real é transportado para outro local dentro do mundo virtual. Isso pode desviar a atenção dos demais avatares que estão cometendo atos negativos ou sendo inconvenientes.
4. Mudar rapidamente a aparência do avatar, de forma aleatória ou pré-definida pelo usuário que solicitou o plano.
5. Bloquear temporariamente uma parte do mundo virtual para uso privado, proibindo outros avatares de entrar. Isso pode ser útil em situações em que o usuário precisa de privacidade em um determinado local do metaverso.
6. Possibilidade de se teleportar, que permite que o avatar do usuário seja transportado para um local diferente dentro do mundo virtual.
7. Atribuir invisibilidade ao avatar do usuário, tornando-o invisível para outros avatares, o que impede que outros usuários saibam da presença ou das ações do usuário.

Esses planos resolvem em partes alguns problemas de privacidade do avatar dentro do ambiente virtual, mas, por outro lado, podem gerar alguns obstáculos de moderação no metaverso. Criar regras de uso para evitar problemas como o uso abusivo destes recursos ou problemas de sobrecarga do mundo virtual se tornam um novo desafio a ser implementado (FALCHUK *et al.*, 2018).

#### **3.4.10 Redes 5G/6G**

Com a evolução dos grandes sistemas, assim como o metaverso, é cada vez mais necessário recursos que promovam baixa latência às aplicações. A comunicação móvel

de quinta geração (5G) veio para suportar o volume crescente de dados e informações gerados a partir do surgimento de big data (HELERBROCK, s.d.).

A 5G é composta por técnicas de multi-antenas, em conjunto a uma interface baseada em multiplexação por divisão (transmissão simultânea por vários sinais), que é uma técnica de modulação de dados que por diversos atributos abre mais canais de comunicação e amplia a capacidade de transmissão de dados (GUSTAVSSON *et al.*, 2021).

A 6G promete mudar o padrão das redes móveis. Ainda em desenvolvimento, essa tecnologia de rede propõe ser lançada até o ano de 2030, sendo mais escalável, ter baixo consumo de energia, oferecer uma taxa de dados acima de 1 terabyte, além de uma latência extremamente baixa. Além disso, espera-se que a rede 6G alcance uma confiabilidade e disponibilidade extremamente alta, com uma taxa próxima a 100%. (ALWIS *et al.*, 2021).

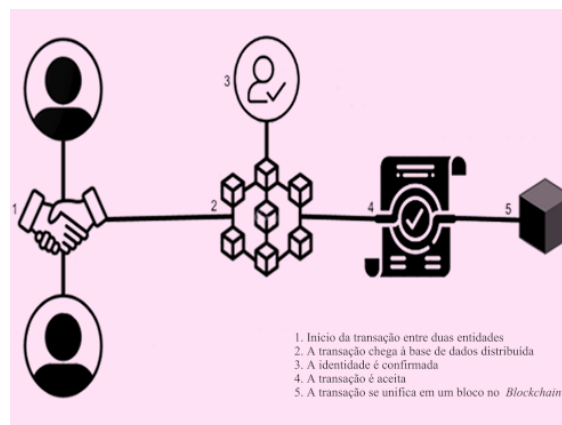
#### **3.4.11 Brain Computer Interface (BCI)**

O cérebro humano, com toda sua complexidade de funcionamento, é uma grande inspiração para neurocientistas para o desenvolvimento de tecnologias, tendo como um dos maiores exemplos, as redes neurais artificiais. Além disso, serviu de escopo para a criação de um dos projetos mais intrigantes envolvendo a área de tecnologias avançadas, a *Brain Computer Interface* ou BCI, que coleta sinais cerebrais usando eletrodos, decodificando-os e os transformando em comandos de computador, com objetivo de controlar dispositivos físicos e virtuais (SETHI *et al.*, 2021). O BCI pode possuir várias utilidades, tais como proporcionar experiências alternativas em jogos eletrônicos, auxílio às pessoas que sofrem de doenças neurodegenerativas, como por exemplo, a Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), possibilitando a comunicação destes pacientes.

BCIs podem ser classificados em duas categorias: invasivos e não invasivos. O método de conexão não invasivo se baseia em conectar os eletrodos apenas no couro cabeludo. Já no método invasivo, a ligação é feita diretamente no cérebro, sendo necessário intervenção cirúrgica. Mesmo esse primeiro método sendo classificado como o mais seguro, a ligação direta com o cérebro demonstra uma precisão maior (SETHI *et al.*,

2021).

Pesquisas recentes procuram utilizar a tecnologia BCI com a finalidade de estabelecer uma base para a conversão parcial do metaverso (NING *et al.*, 2021).



**Figura 4 – Representação básica do funcionamento do BCIs.**

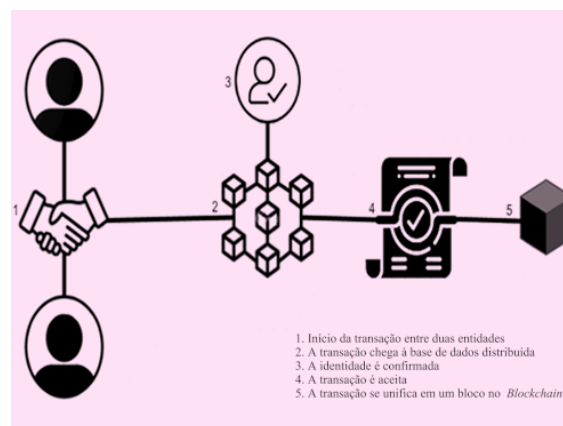
Fonte: Adaptado de (SETHI *et al.*, 2021).

### 3.5 Impactos Sociais

#### 3.5.1 Mídias Sociais

Com o aumento do uso da internet, de mídias sociais e com o crescimento da IA, os hábitos da população mudaram no sentido de atividades como compras, socialização e transações bancárias foram movidos para ambientes virtuais (ARPACI *et al.*, 2022).

Com a chegada da “web 3.0”, na qual o metaverso faz parte, e a evolução das formas de comunicação, haverá a intensa interação entre usuários e uma fortíssima difusão e produção de mídia social (SAJITHRA & PATIL, 2013).



**Figura 5 – Elementos das mídias sociais.**

Fonte: Elaboração Própria.

As mídias sociais têm tido um aumento muito significativo de usuários, o que é natural visto que a geração volumosa de conteúdo tem atraído muitas pessoas, seguindo a linha da evolução da comunicação humana por meios digitais. Dessa maneira, a mídia social se diz uma maneira de interação distribuída de produção, disseminação e comunicação de conteúdo entre as comunidades (ZENG *et al.*, 2010).

### 3.5.1.1 O Metaverso e as Mídias Sociais

De certa forma, o metaverso mudará a forma que as pessoas se comunicam e utilizam as redes sociais. Sendo assim, Bill Gates, afirma que nos próximos anos o tradicional será deixado e as pessoas usarão o metaverso para encontros em espaços virtuais, onde elas se sentirão realmente na companhia umas das outras (RODRIGUES, s.d.)

As mídias sociais foram criadas para a web 2.0, que é uma plataforma interativa construída pelos usuários, e não vão desaparecer com a chegada da web 3.0 e do metaverso. As funções populares em redes sociais convencionais, como curtidas, recomendações e compartilhamentos, serão transferidas para os ambientes virtuais interoperáveis. As mídias sociais serão a base para a construção do metaverso, conectando as pessoas através da imersão em vez de simples páginas da web 2.0 (MARR, 2022).

O metaverso é associado a interação, uma extensão das mídias sociais. Isso



inclui variáveis interessantes da mídia social, como realização de eventos ao vivo e comercialização com a proposta de melhorar a experiência dos usuários. Além disso, elementos presentes nas mídias sociais, como fake news, anúncios e problemas de privacidade, exigirá uma forte regulamentação para garantir que a experiência das pessoas que acessam o metaverso não seja negativa (TAKYAR, s.d.).

### **3.5.2 Impacto Tecnológico: Possíveis Aplicações e Benefícios do Metaverso para a sociedade**

De acordo com Ning *et al.* (2021), o metaverso poderá ser aplicado inicialmente em áreas como:

- Educação: os alunos poderão usufruir de uma imersão no ambiente virtual, contemplando modelos de estudo personalizados, como observação e aprendizado sobre galáxias, estrelas, arquitetura histórica, entre outros;
- Indústria: esboços dentro do metaverso poderão aprimorar projetos em sua fase de fabricação e testes, além da utilização em testes de mercado e testes de campo;
- Arte: exposições de arte totalmente virtuais poderão ser realizadas, removendo as limitações físicas desse tipo de evento, proporcionando interações e experiências ao usuário em contato com as obras;
- Medicina: o treinamento médico pode ser virtualizado, bem como a realização de atendimentos médicos e monitoramento, além da informatização do setor médico;
- Meio social: as pessoas não precisarão se limitar às restrições do mundo real, tendo maior facilidade em expandir seus círculos sociais.

Essas são apenas algumas das possibilidades de aplicação do metaverso, e os benefícios para a sociedade são diversos, incluindo uma maior acessibilidade, interação e imersão em diferentes áreas do conhecimento, economia de tempo e recursos, além de uma maior democratização de eventos e experiências.

### **3.5.3 Regulamentação, Conflitos Culturais e Financeiros**

Segundo Henz (2022), há diferentes perspectivas em relação ao que o metaverso deveria ser e quais impactos ele pode ter. A regulação governamental pode ser uma preocupação para muitas empresas, pois ela pode ser estendida globalmente ao metaverso, o que pode trazer riscos para culturas de regiões menores ou menos influentes. A cultura dentro do ambiente virtual pode diferir da cultura do usuário, gerando conflitos cognitivos não apenas a nível individual, mas também entre governos. Além disso, mesmo no metaverso, as leis do mundo físico podem ser aplicadas em casos de crimes ocorridos no mundo virtual, como roubo, sequestro, assédio, entre outros.

Ademais, altos investimentos seriam necessários, podendo acarretar o monopólio do metaverso, instituindo uma barreira financeira enorme. O sucesso do mundo virtual pode derrubar ou diminuir o uso das mídias sociais conhecidas hoje, mas depende de inúmeros fatores, como: custos, conteúdo e influência. Como no mundo físico, a divisão da sociedade continuaria no metaverso caso seja estabelecida uma nova hierarquia, onde quem tem condições financeiras boas poderá desfrutar melhor de coisas do mundo físico como shows, férias e bens materiais, enquanto que a população mais desprovida de bens financeiros aproveitem mais tais coisas no metaverso (HENZ, 2022).

### **3.6 Perguntas de Pesquisa: Discussão**

A tabela a seguir apresenta cada uma das perguntas abordadas na introdução deste trabalho, indicando onde as respostas foram encontradas e fornecendo uma breve conclusão para cada pergunta.

Tabela 1 – Descrição das perguntas de pesquisa e conclusões.

| # | Pergunta de Pesquisa  | Onde foram respondidas | Conclusão  |
|---|---|------------------------|--|
| 1 | Qual é o conceito de metaverso?                               | Capítulo 3 - seção 3.1 | Ao analisarmos o conceito de metaverso, concluímos que ele foi feito com o intuito de simular a realidade, sendo possível usar avatares personalizáveis, ter a oportunidade de construir uma nova identidade e obter experiências imersivas sem as limitações físicas da vida real.  |
| 2 | Quais elementos e tecnologias são previstas para o metaverso? | Capítulo 3 - seção 3.4 | O metaverso é uma realidade complexa que demanda uma variedade de tecnologias e elementos para se tornar funcional e estável. Desde um planejamento de hardware até o desenvolvimento de software de alta qualidade, cada aspecto é fundamental. Além disso, a incorporação de conceitos de mídias sociais e a adoção de tecnologias avançadas, como o <i>Blockchain</i> , são importantes para o aprimoramento das interações sociais e das oportunidades econômicas dentro do metaverso. |

| # | Pergunta de Pesquisa   | Onde foram respondidas                 | Conclusão   |
|---|--|--|---|
| 3 | Quais são os desafios para o acesso seguro do usuário ao ambiente virtual? | Capítulo 3 - seção 3.3, subseção 3.4.9 | Ao pesquisar mais sobre o assunto, fica evidente que há diversos desafios a serem superados para garantir o acesso seguro e a privacidade dos usuários no metaverso. A imersão nesse ambiente virtual requer o uso de dispositivos que coletam dados sensíveis dos usuários, exigindo precauções adicionais para proteger suas informações pessoais. Além disso, a descentralização do metaverso é essencial para garantir que as informações sejam controladas pelo próprio usuário, evitando práticas abusivas e uso indevido. É de extrema importância que as empresas responsáveis pelo desenvolvimento do metaverso adotem medidas rigorosas para prevenir a insegurança das informações pessoais, tornando o metaverso um ambiente seguro e confiável para os usuários. |

| # | Pergunta de Pesquisa                        | Onde foram respondidas | Conclusão  |
|---|---|------------------------|--|
| 4 | Como o metaverso evoluiu ao longo do tempo? | Capítulo 3 - seção 3.2 | <p>Com o desenvolvimento do metaverso, fica cada vez mais evidente o seu potencial inovador e impactante, abrangendo desde o treinamento de profissionais de saúde até reuniões de negócios e exposições de arte. Apesar de estar em uma de suas fases iniciais, o metaverso despertou o interesse de grandes empresas e líderes da indústria tecnológica, buscando transformar as interações e a forma como as pessoas se comunicam. Assim como a internet um dia foi, o metaverso se tornou a próxima fronteira tecnológica, marcando uma transição da web 2.0 para a web 3.0, tornando realidade o que antes parecia ser apenas ficção científica. À medida que empresas e marcas investem nesse ambiente virtual interoperável, o metaverso está cada vez mais próximo de se tornar presente e influente no cotidiano das pessoas.</p> |

| # | Pergunta de Pesquisa                                | Onde foram respondidas | Conclusão   |
|---|---|------------------------|---|
| 5 | Qual é o impacto social e tecnológico do metaverso? | Capítulo 3 - seção 3.5 | O metaverso, como parte da web 3.0, revolucionará a forma como as pessoas se comunicam e interagem socialmente. As mídias sociais tradicionais servirão como base para os ambientes virtuais interoperáveis, oferecendo funções já amplamente utilizadas, como curtidas e compartilhamentos. Com as diversas aplicações do metaverso, benefícios como acessibilidade, interação e democratização de experiências e eventos se tornarão realidade. No entanto, questões sensíveis como conflitos culturais, financeiros e regulamentações impostas por diferentes países devem ser discutidas e resolvidas adequadamente para evitar monopólios e desacordos entre regiões, além de abordar a aplicação das leis do mundo físico no mundo virtual. |

| # | Pergunta de Pesquisa  | Onde foram respondidas                 | Conclusão  |
|---|---|--|--|
| 6 | Quais são as aplicações do metaverso em diferentes áreas, como entretenimento, negócios e educação? | Capítulo 3 - seções 3.2, 3.5           | Sendo considerado uma nova fronteira tecnológica, o metaverso já tem várias aplicações em diversas áreas, como medicina, educação, indústria, comércio, arte, entretenimento e interações sociais. A realidade virtual proporcionará uma imersão profunda dos sentidos humanos, possibilitando experiências personalizadas em um mundo virtual ilimitado. Mesmo em seu estágio inicial, o metaverso tem o potencial de revolucionar a forma como as pessoas se comunicam, aprendem, trabalham e se divertem. É possível afirmar que inúmeras outras possibilidades de aplicação ainda poderão ser exploradas para o metaverso. |
| 7 | Qual é o panorama atual do metaverso e suas tendências futuras?                                     | Capítulo 3 - seção 3.2, subseção 3.5.2 | Inicialmente explorado no meio gamer, o metaverso está sendo descoberto em suas várias possibilidades de aplicação, com grandes marcas e empresas investindo nesse ambiente virtual compartilhado. Ele tem o potencial de transformar a forma como as pessoas vivem, sendo comparado aos estágios iniciais da internet nos anos 1990.  |

| # | Pergunta de Pesquisa                               | Onde foram respondidas                      | Conclusão   |
|---|--|---|---|
| 8 | Qual a relação do metaverso com as mídias sociais? | Capítulo 3 - seção 3.5, subsubseção 3.5.1.1 | O metaverso causará um grande impacto nas formas de comunicação e no uso das redes sociais. À medida que a popularização do metaverso como espaço para encontros e interações se torna uma realidade, as mídias sociais tradicionais não serão deixadas de lado, mas sim transformadas para servir de base nesse novo ambiente, permitindo ações comuns como curtidas e compartilhamento de mídia, porém de forma imersiva. No entanto, é importante implementar mecanismos para lidar com informações falsas, anúncios e privacidade dos usuários, a fim de garantir uma experiência positiva para aqueles que utilizam o metaverso. |

Fonte: Elaboração própria



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O metaverso é uma realidade complexa que demanda uma variedade de tecnologias e elementos para se tornar funcional e estável. Desde um bom planejamento de hardware até o desenvolvimento de software de alta qualidade, cada aspecto é fundamental. Além disso, a incorporação de conceitos de mídias sociais e a adoção de tecnologias avançadas, como o Blockchain, são importantes para o aprimoramento da segurança, transparência, das interações sociais e das oportunidades econômicas dentro do metaverso.

Apesar de estar em uma de suas fases iniciais, fica evidente que há diversos desafios a serem superados para garantir o acesso seguro e a privacidade dos usuários no metaverso. A imersão nesse ambiente virtual requer o uso de dispositivos que coletam dados sensíveis dos usuários, exigindo precauções adicionais para proteger suas informações pessoais. Além disso, a descentralização do metaverso é essencial para garantir que as informações sejam controladas pelo próprio usuário, evitando práticas abusivas e uso indevido. É de extrema importância que as empresas responsáveis pelo desenvolvimento do metaverso adotem medidas rigorosas para prevenir a insegurança das informações pessoais, além de estratégias de proteção à integridade dos avatares dentro do metaverso, o tornando um ambiente seguro e confiável para os usuários.

Sendo considerado uma nova fronteira tecnológica, o metaverso, como parte da web 3.0, revolucionará a forma como as pessoas se comunicam e interagem socialmente. As mídias sociais tradicionais servirão como base para os ambientes virtuais interoperáveis, oferecendo funções já amplamente utilizadas, como curtidas e compartilhamentos. Com as diversas aplicações do metaverso, benefícios como acessibilidade, interação e democratização de experiências e eventos se tornarão realidade. No entanto, questões sensíveis como conflitos culturais, financeiros e regulamentações impostas por diferentes países devem ser discutidas e resolvidas adequadamente para evitar monopólios e desacordos entre regiões, além de abordar a aplicação das leis do mundo físico no mundo virtual.

O metaverso causará um grande impacto nas formas de comunicação e no uso das

redes sociais. À medida que a popularização do metaverso como espaço para encontros e interações se torna uma realidade, as mídias sociais tradicionais não serão deixadas de lado, mas sim transformadas para servir de base nesse novo ambiente, permitindo ações comuns como curtidas e compartilhamento de mídia, porém de forma imersiva. No entanto, é importante implementar mecanismos para lidar com informações falsas, anúncios e privacidade dos usuários, a fim de garantir uma experiência positiva para aqueles que utilizam o metaverso.

Considerando que o metaverso ainda esteja em suas fases iniciais de desenvolvimento, assim como a internet um dia esteve, esta revisão da literatura nos permitiu revelar uma grande complexidade tecnológica, ética e social que envolvem o metaverso para uma evolução responsável e inclusiva, envolvendo empresas, governos, pesquisadores e a sociedade em geral. Assim, é indispensável adotar uma análise consciente e cuidadosa para moldar o futuro do metaverso, considerando os benefícios e os desafios a serem enfrentados. Desse modo, poderemos construir um metaverso seguro, ético e inclusivo, que promova interações sociais significativas, avanços tecnológicos e oportunidades econômicas para indivíduos e comunidades em todo o mundo.

## REFERÊNCIAS

AGGARWAL, V. **Is metaverse a 'second life' for virtual worlds?** 2022. Disponível em: <<https://cio.economictimes.indiatimes.com/news/next-gen-technologies/is-metaverse-a-second-life-for-virtual-worlds/90042558>>. Acesso em: 21 mar. 2023. Citado na página 23.

ALWIS, C. D. *et al.* Survey on 6g frontiers: Trends, applications, requirements, technologies and future research. **IEEE Open Journal of the Communications Society**, IEEE, v. 2, p. 836–886, 2021. Citado na página 38.

ANDRADE, L.; CENDÃO, F. **Direito, Metaverso e NFTs: Introdução aos desafios na Web3**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2022. Citado na página 29.

ARPACI, I. *et al.* Understanding the social sustainability of the metaverse by integrating utaut2 and big five personality traits: A hybrid sem-ann approach. **Technology in Society**, Elsevier, v. 71, p. 102120, 2022. Citado na página 39.

BAINBRIDGE, W. S. The scientific research potential of virtual worlds. **science**, American Association for the Advancement of Science, v. 317, n. 5837, p. 472–476, 2007. Citado na página 21.

BARBOSA, A. **Conheça 10 marcas que já atuam no metaverso**. 2022. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/01/exemplos-do-metaverso-marcas-que-atuam-com-propriedade/>>. Acesso em: 24 abr. 2023. Citado na página 24.

BERNARDO, K. **Facebook muda nome para Meta**. 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/facebook-muda-nome-para-meta/>>. Acesso em: 20 mar. 2023. Citado na página 23.

BHATT, S. **Reinforcement Learning 101**. 2018. Disponível em: <<https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-101-e24b50e1d292>>. Acesso em: 20 set. 2022. Citado na página 32.

CAO, K. *et al.* An overview on edge computing research. **IEEE access**, IEEE, v. 8, p. 85714–85728, 2020. Citado na página 30.

CHEONG, B. C. Avatars in the metaverse: potential legal issues and remedies. **International Cybersecurity Law Review**, Springer, p. 1–28, 2022. Citado na página 35.

COPELAND, M. **Qual é a Diferença entre Inteligência Artificial, Machine Learning e Deep Learning?** 2021. Disponível em: <<https://blog.nvidia.com.br/2021/03/10/qual-e-a-diferenca-entre-inteligencia-artificial-machine-learning-e-deep-learning/>>. Acesso em: 19 set. 2022. Citado na página 31.

CORREIA, M. M.; EIRAS, B. D. **Mundos virtuais: Que vida existe no second life? Cadernos de Biblioteconomia, Arquivística e Documentação**, 2009. Citado na página 23.

DAVIS, A. *et al.* Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 10, n. 2, p. 1, 2009. Citado na página 35.

DIONISIO, J. D. N.; III, W. G. B.; GILBERT, R. 3d virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM New York, NY, USA, v. 45, n. 3, p. 1–38, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 26.

DU, H. *et al.* Exploring attention-aware network resource allocation for customized metaverse services. **IEEE Network**, IEEE, 2022. Citado na página 29.

FALCHUK, B.; LOEB, S.; NEFF, R. The social metaverse: Battle for privacy. **IEEE Technology and Society Magazine**, v. 37, n. 2, p. 52–61, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

FERNANDEZ, C. B.; HUI, P. Life, the metaverse and everything: An overview of privacy, ethics, and governance in metaverse. In: IEEE. **2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)**. [S.l.], 2022. p. 272–277. Citado na página 28.

FORTNITE, E. **FORTNITE APRESENTA... TURNÊ DA FENDA COM ARIANA GRANDE**. 2021. Disponível em: <<https://www.fortnite.com/news/fortnite-presents-the-rift-tour-featuring-ariana-grande>>. Acesso em: 20 mar. 2023. Citado na página 23.

GADEKALLU, T. R. *et al.* Blockchain for the metaverse: A review. **arXiv preprint arXiv:2203.09738**, 2022. Citado na página 26.

GHANTOUS, N.; FAKHRI, C. Empowering metaverse through machine learning and blockchain technology: A study on machine learning, blockchain, and their combination to enhance metaverse. **ScienceOpen Preprints**, ScienceOpen, 2022. Citado na página 31.

GOOGLE. **O que é o processamento de linguagem natural?** s.d. Disponível em: <<https://cloud.google.com/learn/what-is-natural-language-processing?hl=pt-br>>. Acesso em: 20 set. 2022. Citado na página 32.

GUSTAVSSON, U. *et al.* Implementation challenges and opportunities in beyond-5g and 6g communication. **IEEE Journal of Microwaves**, IEEE, v. 1, n. 1, p. 86–100, 2021. Citado na página 38.

HELERBROCK, R. **Rede 5G**. s.d. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/informatica/rede-5g.htm>>. Acesso em: 05 set. 2022. Citado na página 38.

HENZ, P. The societal impact of the metaverse. **Discover Artificial Intelligence**, Springer, v. 2, n. 1, p. 19, 2022. Citado na página 42.

IBERDROLA. **Metaverso: o lugar onde a realidade física e a virtual se associam**. s.d. Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/inovacao/metaverso#:~:text=ORIGEM%20E%20EVOLUCAO%20DO%20METAVERSO,e%20convergente%20com%20a%20realida>>. Acesso em: 23 mar. 2023. Citado na página 22.

IBERDROLA. **'Smart contracts': contratos inteligentes para formalizar acordos na era digital**. s.d. Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/inovacao/smart-contracts>>. Acesso em: 31 ago. 2022. Citado na página 33.

IPSOS. **Ensino a distância, entretenimento digital e melhorias de home office animam brasileiros com o avanço do Metaverso**. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/metaversoIPSOS>>. Acesso em: 14 jun. 2022. Citado na página 17.

KIM, T.; JUNG, S. Research on metaverse security model. **Journal of Korea Society of Digital Industry and Information Management**, Korea Society of Digital Industry and Information Management, v. 17, n. 4, p. 95–102, 2021. Citado na página 26.

LAHOTI, N. **Como o metaverso mudará o transporte e a mobilidade futura**. 2022. Disponível em: <<https://mobisoftinfotech.com/resources/blog/how-metaverse-will-change-transportation-and-mobility/>>. Acesso em: 20 mar. 2023. Citado na página 23.

LAMOUNIER, L. **O Guia Definitivo Da Tecnologia Blockchain: Uma Revolução Para Mudar O Mundo**. 2018. Disponível em: <<https://101blockchains.com/pt/tecnologia-blockchain-guia/>>. Acesso em: 30 ago. 2022. Citado na página 31.

LEHN, I. **Empresas investem no Metaverso**. 2022. Disponível em: <<https://www.acinh.com.br/noticia/empresas-investem-no-metaverso>>. Acesso em: 25 abr. 2023. Citado na página 24.

LIANG, H.; MOTANI, M.; OOI, W. T. Textures in second life: Measurement and analysis. In: IEEE. **2008 14th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems**. [S.l.], 2008. p. 823–828. Citado na página 22.

MACHADO, C. **O que é IoT?** 2022. Disponível em: <<https://futuropresente.net/metaverso-compliance-e-identidade-digital/>>. Acesso em: 01 set. 2022. Citado na página 30.

MARIN, R. P. M. **Enhancing privacy protection in social network systems through decentralization and policy conflict management**. Tese (Doutorado) — CentraleSupélec, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.

MARR, B. **The Future Of Social Media In The Metaverse**. 2022. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/08/24/the-future-of-social-media-in-the-metaverse/?sh=294457e21023>>. Acesso em: 27 abr. 2023. Citado na página 40.

MICROSOFT. **Real time processing**. 2021. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/architecture/data-guide/big-data/real-time-processing>>. Acesso em: 26 ago. 2022. Citado na página 29.

MOZUMDER, M. A. I. *et al.* Overview: technology roadmap of the future trend of metaverse based on iot, blockchain, ai technique, and medical domain metaverse activity. In: IEEE. **2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)**. [S.l.], 2022. p. 256–261. Citado na página 28.

MUDGAL, S. K. *et al.* Brain computer interface advancement in neurosciences: Applications and issues. **Interdisciplinary Neurosurgery**, Elsevier, v. 20, p. 100694, 2020. Citado na página 35.

MYSTAKIDIS, S. Metaverse. **Encyclopedia**, MDPI, v. 2, n. 1, p. 486–497, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 24.

NALBANT, K. G.; UYANIK, Ş. Computer vision in the metaverse. **Journal of Metaverse**, v. 1, n. 1, p. 9–12, 2021. Citado na página 32.

NING, H. *et al.* A survey on metaverse: the state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. **arXiv preprint arXiv:2111.09673**, 2021. Citado 4 vezes nas páginas 23, 26, 39 e 41.

OPENAI. **ChatGPT: A Large-Scale Generative Language Model**. 2022. <<https://openai.com/blog/chatgpt-3/>>. Acesso em: 04 abr. 2023. Citado na página 32.

ORACLE. **O que é IoT?** s.d. Disponível em: <<https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>>. Acesso em: 01 set. 2022. Citado na página 34.

PACETE, L. G. **2022 promissor: mercado de games ultrapassará US\$ 200 bi até 2023**. 2022. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/01/>>



STEPHENSON, N. **Snow crash: A novel**. [S.l.]: Spectra, 2003, p. 29. Citado na página 17.

STEUER, J. *et al.* Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. **Communication in the age of virtual reality**, v. 33, p. 37–39, 1995. Citado na página 35.

TAKYAR, A. **METaverse AND SOCIAL MEDIA**. s.d. Disponível em: <<https://www.leewayhertz.com/metaverse-and-social-media/#:~:text=The%20Metaverse%20is%20about%20interaction,but%20there%20are%20many%20others.>> Acesso em: 27 abr. 2023. Citado na página 41.

VAZ, A. Segurança da informação, protecção da privacidade e dos dados pessoais. **Nação e Defesa**, Instituto da Defesa Nacional, 2007. Citado na página 36.

VERDI, F. L. *et al.* Novas arquiteturas de data center para cloud computing. **Minicursos do XXVIII SBRC**, v. 28, p. 103–152, 2010. Citado na página 30.

VRCHAT. **VRChat: Create, Share, Play**. s.d. Disponível em: <<https://hello.vrchat.com>>. Acesso em: 21 mar. 2023. Citado na página 22.

YANG, Q. *et al.* Fusing blockchain and ai with metaverse: A survey. **IEEE Open Journal of the Computer Society**, IEEE, v. 3, p. 122–136, 2022. Citado 3 vezes nas páginas 31, 32 e 33.

ZENG, D. *et al.* Social media analytics and intelligence. **IEEE Intelligent Systems**, IEEE, v. 25, n. 6, p. 13–16, 2010. Citado na página 40.

ZHANG, T. *et al.* Federated learning for the internet of things: Applications, challenges, and opportunities. **IEEE Internet of Things Magazine**, IEEE, v. 5, n. 1, p. 24–29, 2022. Citado na página 34.

ZHAO, R. *et al.* Metaverse: Security and privacy concerns. **arXiv preprint arXiv:2203.03854**, 2022. Citado na página 25.

ZOMPERO, E. Metaverso, arquitetura e design. 2022. Citado na página 17.