



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE DIREITO E CIÊNCIAS DO ESTADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO**

VIVIAN MARIA CAXAMBU GRAMINHO

**METaverso e o novo ambiente de trabalho: revolução digital e
os impactos jurídicos nas relações laborais**

**PORTO ALEGRE
2024**

VIVIAN MARIA CAXAMBU GRAMINHO

METAVERSO E O NOVO AMBIENTE DE TRABALHO: REVOLUÇÃO DIGITAL E OS IMPACTOS JURÍDICOS NAS RELAÇÕES LABORAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito como requisito para obtenção do título de Doutora em Direito pela Faculdade de Direito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Luciane Cardoso Barzotto

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Silveira Borges

PORTO ALEGRE
2024

CIP - Catalogação na Publicação

Caxambu Graminho, Vivian Maria
METAVERSO E O NOVO AMBIENTE DE TRABALHO: REVOLUÇÃO
DIGITAL E OS IMPACTOS JURÍDICOS NAS RELAÇÕES LABORAIS
/ Vivian Maria Caxambu Graminho. -- 2024.
209 f.
Orientadora: Luciane Cardoso Barzotto.

Coorientador: Gustavo Silveira Borges.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Direito, Programa de
Pós-Graduação em Direito, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Metaverso. 2. Relações de trabalho. 3. Local de
trabalho. 4. Desafios regulatórios. I. Cardoso
Barzotto, Luciane, orient. II. Silveira Borges,
Gustavo, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Dra. Luciane Cardoso Barzotto, pela manifestação de incondicional apoio e disponibilidade durante esses três anos, pelo aconselhamento assertivo e estímulo permanente. Ao meu coorientador, Gustavo Silveira Borges, por contribuir na orientação deste trabalho e por compartilhar comigo seu conhecimento acerca do tema. À minha família, em especial, à minha mãe, Ana Maria Caxambu Graminho, e ao meu marido Paulo Cristiano Tessaro pelo incentivo e amor incondicional. Aos colegas que compartilharam comigo momentos de angústias e alegrias durante a minha trajetória, especialmente, Adroaldo, Clarissa e Bruna.

RESUMO

A presente tese doutoral tem por objetivo geral identificar os direitos mínimos trabalhistas os quais devem ser assegurados para proteger os trabalhadores no novo ambiente digital da realidade estendida imersiva do metaverso. Esse universo virtual e imersivo vem sendo incorporado à sociedade e às relações de trabalho, tem o potencial de proporcionar oportunidades, mas pode acarretar diversos impactos aos direitos fundamentais dos trabalhadores, impondo desafios à atual legislação trabalhista. O trabalho em questão pretende, portanto, responder a seguinte indagação: quais são os direitos mínimos trabalhistas que devem ser assegurados aos trabalhadores para proteção no ambiente digital da realidade estendida imersiva do metaverso? A partir dessa questão, tem-se como objetivo analisar em um primeiro momento o itinerário histórico das Revoluções Industriais até a Sociedade 5.0. Após, explorar os contornos histórico-conceituais do metaverso e como o princípio da fraternidade pode ser aplicado no contexto imersivo. Examinar como as transformações sociais, tecnológicas e econômicas ao longo do tempo têm moldado o cenário trabalhista atual, compreendendo-se para tanto a subordinação, o poder empregatício e o surgimento de novos ambientes de trabalho. Pretende-se, ainda, investigar o metaverso como novo ambiente de trabalho e suas implicações nas relações de trabalho, identificando-se os direitos mínimos dos trabalhadores no metaverso, analisando-se as lacunas existentes e contribuindo para o desenvolvimento de abordagens regulatórias mais adequadas, promovendo-se a proteção e a segurança do trabalhador nesse novo ambiente de trabalho imersivo. Utiliza-se, para tanto, o método abordagem dedutivo, o método de procedimento monográfico e técnica de pesquisa documental e bibliográfica, consubstanciada na pesquisa de doutrina, jurisprudência e legislação brasileira e estrangeira.

Palavras-chave: Metaverso. Relações de trabalho. Local de trabalho. Desafios regulatórios.

ABSTRACT

The general objective of this doctoral thesis is to identify the minimum labor rights that must be ensured to protect workers in the new digital environment of the immersive extended reality of the metaverse. This virtual and immersive universe has been incorporated into society and labor relations, has the potential to provide opportunities, but can have several impacts on the fundamental rights of workers, imposing challenges to current labor legislation. The work in question therefore aims to answer the following question: what are the minimum labor rights that must be ensured to workers for protection in the digital environment of the immersive extended reality of the metaverse? Based on this question, the objective is to first analyze the historical itinerary of the Industrial Revolutions to Society 5.0. Then, to explore the historical-conceptual contours of the metaverse and how the principle of fraternity can be applied in the immersive context. To examine how social, technological, and economic transformations over time have shaped the current labor scenario, understanding subordination, employment power and the emergence of new work environments. The aim is also to investigate the metaverse as a new work environment and its implications for labor relations, identifying the minimum rights of workers in the metaverse, analyzing existing gaps and contributing to the development of more appropriate regulatory approaches, promoting worker protection and safety in this new immersive work environment. To this end, the deductive approach method, the monographic procedure method and documentary and bibliographic research techniques are used, substantiated in the research of Brazilian and foreign doctrine, jurisprudence, and legislation.

Keywords: Metaverse. Work relationships. Workplace. Regulatory challenges.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AGI	Artificial general intelligence (inteligência artificial geral)
AR	Augmented reality (realidade aumentada)
ARPA	Advanced Research Projects Agency (Administração de Projetos de Pesquisa da Agência)
CF	Constituição Federal
CSSs	Cascading Style Sheets (folhas de estilo em cascata)
DAO	Decentralized Autonomous Organization (Organização autônoma descentralizada)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DNS	Domain Name System (sistema de nome de domínio)
DNN	Deep neural network (rede neural profunda)
EGP	Exterior Gateway Protocol
HTML	HyperText Markup Language (linguagem de marcação de hipertexto)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IA	Inteligência artificial
IGP	Internet Gateway
IoE	Internet de Todas as Coisas
IoH	Internet dos Humanos
IoT	Internet das coisas
IP	Internet Protocol
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LLM	Large language models (grandes modelos de linguagem)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MR	Mixed reality (realidade mista)
MSM	Mirrored spaces model
NFT	Non-fungible token (token não fungível)
NPC	Non-player Character (personagem não jogável)
NSF	National Science Foundation
OCDE	Organização para cooperação e desenvolvimento econômico

ODS	Objetivo de desenvolvimento sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PDCA	Plan, Do, Check and Control
PIDESC	Pacto Internacional de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais
PLM	Product lifecycle management
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RFID	Radio Frequency Identification (identificação por radiofrequência)
RGPD	Regulamento Geral de Proteção de Dados Pessoais
TCP	Transport Control Protocol (protocolo de controle de transmissão)
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
URI	Uniform resource identifier (identificador uniforme de recursos)
URL	Universal Resource Locator (localizador uniforme de recursos)
VR	Virtual reality (realidade virtual)
XR	Extended realit (realidade estendida)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO: COMPREENDENDO AS NOVAS TECNOLOGIAS NA CONTEMPORANEIDADE	13
2.1. DAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS À SOCIEDADE 4.0	13
2.1.1. Da Sociedade 1.0 às Primeiras Revoluções Industriais.....	14
2.1.2. Da Terceira Revolução Industrial à Quarta Revolução Industrial: sociedade da informação.....	18
2.1.3. Sociedade de Informação: do ciberespaço à infosfera	22
2.2. AS NOVAS TECNOLOGIAS ADVINDAS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	25
2.2.1. Inteligência Artificial: digressão histórica e aspectos conceituais.....	26
2.2.2. Particularidades do Big Data	35
2.2.3. Análise da Internet das Coisas.....	39
2.2.4. Gêmeos digitais: a sincronicidade do virtual e do real.....	42
2.2.5. Avatar: a representação digital do usuário no metaverso.....	43
2.3. RUMO À SOCIEDADE 5.0: REFLEXÕES SOBRE O FUTURO DA TECNOLOGIA E DA HUMANIDADE	47
3. METAVERSO: A EVOLUÇÃO DA INTERNET E O FUTURO DO TRABALHO ...	50
3.1. A JORNADA EVOLUTIVA DA INTERNET E DOS SISTEMAS WEB	50
3.1.1. Web 1.0: a web estática	50
3.1.2. Web 2.0: a web social e colaborativa.....	50
3.1.3. Web 3.0 e o mundo imersivo: navegando na convergência.....	50
3.2. DESVENDANDO O METAVERSO: ASPECTOS HISTÓRICOS E CONCEITUAIS ...	50
3.2.1. As raízes do metaverso na história digital.....	50
3.2.2. A importância da inteligência artificial para o metaverso.....	50
3.3. CAMADAS DO METAVERSO: EXPLORANDO TECNOLOGIAS EMERGENTES ..	50
3.3.1. A camada da experiência: vivenciando o metaverso	50
3.3.2. A camada da descoberta e as experiências no metaverso.....	50
3.3.3. A economia criadora: construindo o metaverso	50
3.3.4. Computação espacial e interface humana: a nova realidade estendida	50
3.3.5. Infraestrutura técnica: o caminho rumo à tecnologia 6G.....	50
3.3.6. Outra arquitetura do metaverso: o físico, o virtual e suas interseções.....	50
3.4. O FUTURO DO TRABALHO: MUDANÇAS PROFUNDAS EM DIREÇÃO AO METAVERSO.....	50
4. O METAVERSO COMO NOVO AMBIENTE DE TRABALHO: RISCOS E DIREITOS.....	50
4.1. ENTENDENDO O AMBIENTE DE TRABALHO NA ERA DO METAVERSO	50

4.1.1. A evolução do metaverso e das relações de trabalho	50
4.1.2. Definição de ambiente de trabalho imersivo: trabalhando no metaverso ou com o metaverso.....	50
4.2. RELAÇÃO DE TRABALHO NO METAVERSO: NAVEGANDO POR OPORTUNIDADES E DESAFIOS	50
4.2.1. Relação de trabalho e metaverso: oportunidades e transformações no mundo do trabalho	50
4.2.2. O metaverso e os potenciais desafios às relações laborais	50
4.2.2.1. <i>Riscos físicos, ergonômicos, psicossociais e biológicos</i>	50
4.2.2.2. <i>Riscos ético-legais</i>	50
4.3. ESTABELECENDO UMA PROTEÇÃO EFETIVA DO TRABALHADOR NO METAVERSO.....	50
4.3.1. Direitos dos trabalhadores no metaverso: marcos regulatórios nacionais e internacionais aplicáveis	50
4.3.2. Direitos digitais: rumo a novos direitos humanos na era do metaverso.....	50
4.3.3. Novos direitos humanos digitais aplicáveis às relações de trabalho no metaverso.	50
4.3.4. Responsabilidade, governança e boas práticas para um metaverso ético	50
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A trajetória da sociedade humana ao longo das últimas décadas revela um cenário de transformações ininterruptas, impulsionado pelas revoluções industriais e avanços tecnológicos que transcendem as fronteiras da imaginação.

Desde a Primeira Revolução Industrial até os dias atuais, testemunha-se uma metamorfose de paradigmas sociais, econômicos e laborais, moldados pela incessante progressão da tecnologia. A Primeira Revolução Industrial, por exemplo, ficou caracterizada pela transição da força física humana, para a utilização de máquinas, enquanto na Segunda Revolução Industrial a eletricidade possibilitou a produção em larga escala, devido à mecanização do processo produtivo. A Terceira Revolução Industrial, por sua vez, introduziu tecnologias como o *microchip* e a internet, estabelecendo os fundamentos para a sociedade da informação, em que a comunicação e o compartilhamento de informações se tornaram instantâneos e globais.

Neste cenário dinâmico e em constante transformação, emerge a Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela generalizada digitalização da sociedade, abrindo caminho para a denominada Sociedade 5.0, representada por um ambiente inteligente em que a integração do mundo físico com o digital se torna uma realidade palpável.

Essas evoluções trazem consigo a criação de tecnologias que estão promovendo inúmeras mudanças significativas na sociedade, como o metaverso, um universo virtual interconectado que transcende as fronteiras entre o real e o digital. Apesar de ser uma tecnologia que está em sua fase embrionária, sua ascensão sinaliza uma nova era na qual a virtualização se torna um componente integral da experiência humana, indo além do escopo inicialmente imaginado pelos pioneiros da ficção científica.

O metaverso encontra aplicações diversas, desde o comércio eletrônico até os jogos virtuais, abrangendo também seu potencial uso como novo ambiente de trabalho. Apesar de ser uma tecnologia emergente¹, vem sendo adotado por empresas como espaço de trabalho, treinamento e recrutamento de trabalhadores. Ainda que existam limitações em seu uso, grandes corporações já exploram a utilização de ambientes virtuais para reuniões, colaboração

¹ Vale destacar que o metaverso está entre as tendências que serão destaques em 2024. Ao que tudo indica, com a evolução das ferramentas de realidades virtuais, em especial com o lançamento do Apple Vision Pro e com a integração de moedas digitais como o Decentraland (MANA) ao metaverso, espera-se uma expansão significativa da tecnologia no mundo. COINTELEGRAPH. Metaverso pode voltar com tudo: confira as tendências para 2024 em tecnologia. **Exame**, 17 jan. 2024. Disponível em: <https://exame.com/future-of-money/metaverso-pode-voltar-com-tudo-confira-as-tendencias-para-2024-em-tecnologia/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

e até mesmo para a realização de eventos. Por exemplo, empresas de tecnologia, como a Microsoft, estão investindo em espaços de trabalho virtuais, em que os funcionários podem interagir e colaborar em um ambiente digital, proporcionando uma experiência de trabalho mais imersiva e eficiente. Empresas como a Takeda, Accenture e Mercy Ship já estão utilizando o Microsoft Mesh como espaço para integração, treinamento, realização de eventos, simulações, entre outros². No Brasil, a Ambev em setembro de 2022 realizou sua feira de carreiras no espaço imersivo Cidade Ambev³, além disso, o metaverso industrial já é realidade na empresa Renault Group⁴. Ainda, de acordo com a pesquisa realizada pela Nokia em parceria com a Ernest & Young (YE) 58% das empresas já testaram ou introduziram a tecnologia em seus processos produtivos, sendo que o Brasil está entre os três principais países que estão implementando ou testando o metaverso⁵.

Contudo, à medida que o metaverso se solidifica como uma realidade tangível, acabam surgindo implicações relacionadas às relações laborais. Em outras palavras, a virtualização dos espaços de trabalho pode representar uma revolução na forma como os colaboradores interagem, colaboram e se comunicam. No entanto, essa transição para um ambiente virtual não está isenta de desafios, sendo que questões ligadas à privacidade, saúde e segurança podem surgir com a ampla adoção dessa tecnologia no contexto laboral.

Surge, portanto, a necessidade de compreender os impactos jurídicos dessas mudanças nas relações trabalhistas. Nesse contexto, este estudo tem como finalidade investigar os desafios e as implicações jurídicas decorrentes do uso do metaverso nas relações de trabalho, considerando a proteção dos direitos dos trabalhadores, a questão do controle do empregador e a necessidade de adaptação das normas laborais. Dessa forma, busca-se responder à seguinte questão: Quais são os direitos mínimos trabalhistas que devem ser assegurados aos trabalhadores para proteção no ambiente digital da realidade estendida imersiva do metaverso?

O avanço das tecnologias emergentes e o advento do Metaverso, bem como o uso dessas tecnologias, trará significativas mudanças às relações trabalhistas. A proteção dos direitos trabalhistas no ambiente digital da realidade estendida e imersiva do metaverso requer

² HERSKOWITZ, Nicole. Bring virtual connections to life with Microsoft Mesh, now generally available in Microsoft Teams. **Microsoft**, 24 jan. 2024. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2024/01/24/bring-virtual-connections-to-life-with-microsoft-mesh-now-generally-available-in-microsoft-teams/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

³ FORBES. Ambev leva feira de carreiras para o metaverso. 26 ago. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/carreira/2022/08/ambev-leva-feira-de-carreiras-para-o-metaverso/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

⁴ TRINDADE, Fábio. Metaverso industrial deixa Renault do Brasil pronta para o futuro. **Motor 1.com**. 26 ago. 2023. Disponível em: <https://motor1.uol.com.br/news/680423/metaverso-industrial-renault-brasil/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

⁵ NOKIA. **The metaverse at work**. Jun. 2023. Disponível em: <https://www.nokia.com/metaverse/industrial-metaverse/the-metaverse-at-work-research/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

uma revisão e adaptação das normas laborais tradicionais. O metaverso como ambiente de trabalho apresenta particularidades únicas que demandam abordagens legais específicas, visando garantir a proteção e a segurança dos trabalhadores nesse contexto imersivo e digital. Dessa forma, o estudo buscará identificar os principais direitos trabalhistas que precisam ser assegurados aos trabalhadores para sua proteção no ambiente digital do metaverso, como o direito à privacidade, à saúde e à segurança, bem como novos direitos como o direito à desconexão, à proteção contra vieses discriminatórios, entre outros, a partir da análise da legislação existente e de novas abordagens regulatórias, para o fim de atender às especificidades desse novo cenário imersivo e estendido.

O objetivo geral da presente pesquisa, portanto, é identificar quais são os direitos mínimos trabalhistas que devem ser assegurados aos trabalhadores para proteção no ambiente digital da realidade estendida imersiva do metaverso. À medida que o metaverso se consolida como uma realidade tangível, é importante antecipar os desafios, oportunidades e transformações que irão impor às relações de trabalho, influenciando diretamente a dinâmica socioeconômica.

Para tanto a tese está estruturada em quatro capítulos. O primeiro realiza uma visão panorâmica das revoluções industriais e da evolução da Sociedade da Informação para a Sociedade 5.0. O segundo explora a evolução histórica do metaverso, a partir da criação da internet, até o desenvolvimento das *Web 1.0* à *Web 3.0*, e como o princípio da fraternidade pode ser aplicado nesse contexto imersivo.

Por sua vez, o terceiro capítulo aborda os aspectos históricos e conceituais do metaverso e as mudanças do trabalho na era digital. O quarto e último capítulo investiga o metaverso como novo ambiente de trabalho, as mudanças proporcionadas por essa tecnologia, bem como identifica a proteção jurídica do trabalhador no metaverso, analisando as lacunas existentes, contribuindo-se para o desenvolvimento de abordagens regulatórias mais adequadas aos trabalhadores, com a finalidade de promover a proteção e a segurança nesse novo ambiente de trabalho.

Considerando a relevância social do tema e a existência de tímida doutrina acerca do assunto, considera-se importante ampliar o estudo acerca da temática, com o objetivo de contribuir para a melhoria das relações de trabalho no novo ambiente digital imersivo que está surgindo. Além disso, a presente pesquisa vincula-se com os projetos de pesquisa da Professora Dra. Luciane Cardoso Barzotto, porquanto tem como objeto de estudo a Sociedade de Informação e da Sociedade 5.0; as tecnologias provenientes das Terceira e Quarta Revoluções

Industriais, em especial, o metaverso; e os direitos humanos e do trabalho no plano nacional e internacional.

Trata-se de tese original, uma vez que não há trabalho que tenha aprofundado esta pesquisa e apresentado um estudo sobre as implicações jurídicas do metaverso nas relações de trabalho. Para demonstrar o ineditismo da pesquisa, foram analisados o Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a plataforma da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), não se identificando nenhuma tese ou dissertação sobre o tema abordado. Dessa forma, considera-se inédita a tese apresentada, pois, conforme asseverado acima, ainda não foi objeto de estudos científicos no Brasil.

O método de abordagem a ser utilizado será o dedutivo, o qual “partindo das teorias e leis, na maioria das vezes prediz a ocorrência dos fenômenos particulares (conexão descendente)”⁶. Os métodos de procedimento serão o histórico, a partir da evolução histórica das novas tecnologias, em especial do metaverso, e sua aplicação nas relações laborais; bem como o método monográfico, tendo em vista que a pesquisa em questão visa examinar o tema selecionado observando-se todos os fatores que o influenciam.

Serão utilizadas as técnicas de pesquisa bibliográfica e documental. Serão pesquisados, selecionados e estudados textos acadêmicos e periódicos, doutrina e jurisprudência contendo contribuições teóricas acerca da temática abordada, legislações nacionais e estrangeiras, bem como resoluções e recomendações propostas por organizações nacionais e internacionais, que versem acerca da regulamentação das novas tecnologias e dos direitos humanos. Para tanto, buscar-se-á fontes nas seguintes bases científicas: Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT); Repositório Institucional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul(UFRGS); e Biblioteca da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Por fim, a pesquisa documental será realizada por meio da coleta e análise de reportagens, relatórios de pesquisa sobre Inteligência Artificial no âmbito nacional e internacional, entrevistas, compromissos internacionais relacionados à temática, entre outros.

⁶ LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

Ao finalizar, a pesquisa pretende contribuir significativamente para o entendimento dos desafios jurídicos a serem enfrentados pelos trabalhadores no metaverso, orientando práticas e políticas para um ambiente laboral digital e imersivo.

2. SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO: COMPREENDENDO AS NOVAS TECNOLOGIAS NA CONTEMPORANEIDADE

2.1. DAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS À SOCIEDADE 4.0

A história da humanidade sempre foi marcada por constantes transformações, que moldaram a maneira como as pessoas vivem, trabalham, produzem e interagem em sociedade.

Ao analisar essa evolução pesquisadores frequentemente categorizam as diferentes fases da sociedade, a exemplo de Alvin Toffler que dividiu a história da civilização em três ondas⁷: a primeira onda refere-se à fase agrícola; a segunda onda à fase industrial; e a terceira onda à revolução tecnológica⁸. Por sua vez, Luciano Floridi⁹ afirma que as sociedades se dividem em três idades de desenvolvimento humano, que expressam a forma como as pessoas vivem: pré-história (inexistem Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs); história (sinônimo de Era da Informação); hiper-história (existem TICs que registram, transmitem e processam informações de maneira autônoma)¹⁰.

As Revoluções Industriais emergem como marcos significativos desse processo evolutivo. Ao longo dos séculos, esses períodos de transformação, provocaram profunda alteração na sociedade, sendo que as inovações tecnológicas e as mudanças dos meios de produção foram elementos-chave que impulsionaram essas revoluções, impactando tanto a estrutura econômica, quanto as dinâmicas sociais.

⁷ Alvin Toffler realiza uma divisão tripartite da história da civilização, sendo que a Primeira Onda relativa à revolução agrícola, na visão do autor, perdurou por milhares de anos, até aproximadamente o ano de 1750. Toffler divide a civilização da Primeira onda em duas categorias: a primeira denominada de “primitiva” e que corresponde aos povos primitivos, e a segunda chamada de “civilizada” relativa aos povos que sobrevivam da agricultura. A Segunda Onda diz respeito à era industrial, caracterizada pela ascensão das máquinas e produção em larga escala. Já a terceira e última Onda, refere-se à Revolução Tecnológica. TOFFLER, Alvin. **A terceira onda**. Tradução: João Távora. 15 ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

⁸ *Ibid.*

⁹ FLORIDI, Luciano. **La quarta rivoluzione**: come l’infosfera sta trasformando il mondo. Milano: R. Cortina, 2017. *E-book*.

¹⁰ Segundo Floridi ainda há pessoas que vivem a pré-história, como algumas tribos isoladas na Amazônia. A maioria das pessoas vive na era da história (em que as sociedades dependem das tecnologias para registrar, transmitir e utilizar dados), que está em transição para a hiper-história, em que as TICs são ferramentas essenciais para a promoção do bem-estar social e do desenvolvimento da sociedade. *Ibid.*

2.1.1. Da Sociedade 1.0 às Primeiras Revoluções Industriais

No percurso da história humana, a transição da Sociedade 1.0 para a Primeira Revolução Industrial representa um marco transcendental que delineia a trajetória da civilização.

A Sociedade 1.0, também conhecida como “sociedade da caça” ou “sociedade dos caçadores-coletores” ancorou os primórdios da existência humana, em que a sobrevivência estava intimamente ligada às atividades de caça e coleta de alimentos¹¹. Embora não existam registros escritos acerca da era dos caçadores-coletores, pode-se dizer que a civilização era primitiva e vivia em pequenos bandos e tribos¹², que se mudava frequentemente, carregando tudo o que tinha nas costas¹³. Tratava-se de uma forma social caracterizada por uma economia não produtiva, em que os povos subsistiam por meio da busca de alimentos, pesca e caça¹⁴, dependiam do fogo¹⁵ para se proteger e sobreviver, bem como fabricavam suas próprias ferramentas¹⁶.

Há cerca de 10 mil anos a humanidade testemunhou uma transição significativa que marcou o início da Sociedade 2.0, conhecida como a Revolução Agrícola. Segundo Yuval Noah Harari os humanos passaram a manipular animais e plantas, revolucionando a maneira como viviam, ou seja, “do nascer ao pôr do sol, os humanos plantavam sementes, regavam plantas, arrancavam ervas daninhas do solo e conduziam ovelhas a pastos verdejantes”¹⁷.

A Revolução Agrícola avançou lentamente pelo planeta, com a criação de aldeias e colônias, que cultivavam a terra, criando um novo estilo de vida¹⁸. Os povos, com o passar do tempo, além de cultivar seus alimentos, passaram a se dedicar à tecelagem e à fabricação de

¹¹ Em que pese recebam a denominação de “caçadores-coletores”, a atividade principal dessa sociedade era a de coleta, tendo em vista obtinham a maior parte das calorias e das matérias-primas. Ainda, havia também coleta de conhecimentos, pois para sobreviver, os povos necessitavam realizar um mapa mental de seu território, com o objetivo de maximizar a busca por comida, fabricar suas ferramentas, entre outros. HARARI, Yuval Noah, **Sapiens: Uma breve história da humanidade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2011. *E-book*.

¹² TOFFLER, *op. cit.*

¹³ HARARI, *op. cit.*

¹⁴ ROSENSTAND, C. A. G. F.; BRIX, J.; NIELSEN, C. Metaverse and Society 5.0: Pivotal for Future Business Model Innovation. **Journal of Business Models**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 62–76, 2023. Disponível em: <https://vbn.aau.dk/en/publications/metaverse-and-society-50-pivotal-for-future-business-model-innova>. Acesso em: 24 nov. 2023.

¹⁵ Segundo Yuval Noah Harari o fogo além de ser uma arma letal contra animais predadores, também era uma excelente ferramenta que auxiliava na caça, na preparação do solo e na preparação dos alimentos. Ou seja, o fogo propiciou aos humanos o “controle de uma força obediente e potencialmente ilimitada”. HARARI, *op. cit.*

¹⁶ NARVAEZ ROJAS, Carolina *et al.* Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society, **Sustainability**, v. 13, n. 12, p. 6567, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13126567>. Acesso em: 24 nov. 2023.

¹⁷ HARARI, *op. cit.*

¹⁸ TOFFLER, *op.cit.*

cerâmicas, efetuando eventuais trocas de produtos, de modo que se tornaram autossuficientes¹⁹. Essa nova fase da civilização, portanto, além de aumentar o volume de comida, tornou os indivíduos mais sedentários, contribuiu para o aumento da população, para a urbanização e para a formação das cidades:

Os excedentes de alimentos produzidos pelos camponeses somados às novas tecnologias de transportes, com o tempo possibilitaram que mais e mais pessoas se concentrassem em grandes aldeias, depois em vilas, e por fim em cidades, todas ligadas por novos reinos e por redes comerciais²⁰.

Não há dúvidas de que a evolução de “caçadores-coletores” para agricultores trouxe inúmeros benefícios à sociedade, pois possibilitou que um indivíduo alimentasse vários outros, permitindo a divisão do trabalho, a economia de tempo e de energia, e conseqüentemente, a construção de cidades, a invenção dos dinheiros, entre outros²¹.

Denota-se, portanto, que a transição para a Sociedade 2.0 não apenas transformou as práticas econômicas, mas também redefiniu as relações sociais e a organização política, marcando assim uma fase importante na evolução da civilização.

No entanto, à medida que a humanidade progredia, um paradigma transformador emergia com a eclosão da Primeira Revolução Industrial²² no século XVIII. Esse momento histórico testemunhou a transição de uma economia agrária, para uma era mecanizada, desencadeando transformação nos modos de produção, na forma com que o trabalho passou a ser desempenhado e na estrutura social da sociedade. Ou seja, substituiu o sistema feudal, pela produção mecânica, permitindo a inauguração de grandes empreendimentos fabris²³.

Três fatores influenciaram essa transição: “invenções de máquinas; opções de geração de energia, como a utilização de vapor²⁴ para transporte industrializado; e formas de organização

¹⁹ NARVAEZ ROJAS *et al. op. cit.*

²⁰ HARARI, *op. cit.*

²¹ ANDERSON, Chris. **Markers: a nova revolução industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. *E-book.*

²² O termo “Revolução Industrial” foi cunhado pelo diplomata francês, Louis Guillaume Otto, em 1799, em uma carta relatando a corrida pela industrialização na França. Posteriormente, o termo foi utilizado por Friedrich Engels para relatar as mudanças que estavam ocorrendo nos modos de produção em meados do século XIX. Contudo, o termo somente se popularizou no final do século XIX, com as palestras ministradas pelo historiador econômico inglês Arnold Toynbee, sobre o impacto da industrialização na economia mundial. Segundo Anderson, a Revolução Industrial diz respeito, basicamente, a um conjunto de tecnologias que propiciou o aumento da produtividade dos humanos e a melhoria das condições de vida, contribuindo para o crescimento demográfico. *Ibid.*

²³ MEDEIROS, Breno. **A sociedade 5.0 e o novo balizamento normativo das relações de trabalho no plano das empresas.** Brasília: Venturoli, 2023.

²⁴ De acordo com Jeremy Rifkin a tecnologia movida a carvão proporcionou à sociedade novas formas de comunicação, de energia e de transporte. A impressora a vapor de Friedrich Koenig levou o jornal impresso às ruas e estimulou a alfabetização em massa. Tanto a impressora a vapor, quanto a locomotiva a vapor, criaram a infraestrutura necessária para a Primeira Revolução Industrial. RIFKIN, Jeremy. **Sociedade com custo marginal**

do trabalho, como os trabalhadores das fábricas”²⁵. Ou seja, a Primeira Revolução Industrial foi impulsionada por novos métodos de manufatura baseados em ferro e vapor, que culminaram nos primeiros avanços significativos no uso do raciocínio científico para o desenvolvimento de novos produtos e inovações, como por exemplo novas formas de transporte e teares mecânicos²⁶. Nesse sentido:

[...] Nos 100 anos seguintes, ela transformou todas as indústrias existentes e deu à luz muitas outras, desde as máquinas operatrizes (o torno mecânico, por exemplo) até a manufatura do aço, o motor a vapor e as estradas de ferro. As novas tecnologias trouxeram mudanças relacionadas à cooperação e competição que, por sua vez, criaram sistemas inteiramente novos de produção, troca e distribuição de valor, subvertendo setores que vão da agricultura à manufatura, das comunicações aos transportes²⁷.

As inovações desencadeadas pela Primeira Revolução Industrial não apenas representaram uma evolução nas formas tradicionais de produção, mas também foram catalisadoras de novas invenções e tecnologias. Essas contribuições deram origem a uma nova fase de transformação tanto na indústria quanto na sociedade, marcando o advento da Segunda Revolução Industrial.

A Segunda Revolução Industrial teve início por volta de 1850, estendendo-se até o fim da Segunda Guerra Mundial. Esse período foi caracterizado por avanços tecnológicos mais impressionantes, que marcaram o início do mundo moderno, como o rádio, o telefone, o avião, o motor à combustão e a eletricidade²⁸.

A eletrificação emerge como um dos marcos significativos dessa fase revolucionária, permitindo a substituição da energia a vapor, pela eletricidade em diversos processos industriais, aumentando a eficiência operacional e conferindo maior flexibilidade às operações fabris. A ampla utilização da eletricidade, a partir da década de 1870, remodelou setores como

zero: a internet das coisas os bens comuns colaborativos e o eclipse do capitalismo. São Paulo: M. Books, 2016. A máquina a vapor de James Watt substituiu a pesada máquina de Newcome, aumentando a capacidade produtiva em um grau até então inimaginável, além de possibilitar a proliferação de máquinas-ferramentas que serviram de base para a expansão da Grã-Bretanha. Durante os 50 anos seguintes a Grã-Bretanha passou por uma profunda transformação, com a melhoria das condições de sobrevivência e crescimento de oportunidades econômicas, o que gerou um aumento de investimento em inovações tecnológicas. As tecnologias criadas com a Revolução Industrial inauguraram uma nova era de promessas, revolucionando a ordem social. GLENNY, Misha. The Digital Revolution in a Historical Perspective. In.: WERTHNER, Hannes *et al.* (Orgs.). **Introduction to Digital Humanism**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 47–63. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_4. Acesso em: 02 jan. 2024.

²⁵ NARVAEZ ROJAS *et al.*, *op. cit.*

²⁶ SMITH, B. L. The third industrial revolution: policymaking for the internet. **Science and Technology Law Review**, [s. l.], v. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.7916/stlr.v3i0.3621>. Acesso em: 23 nov. 2023.

²⁷ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

²⁸ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

transportes, telégrafos, iluminação e o trabalho nas fábricas, graças à disseminação de motores elétricos²⁹. Segundo Rifkin a transição de vapor para eletricidade propiciou um aumento de produtividade de 300% na primeira metade do Século XX, além de contribuir para a produção em massa³⁰.

O processo de produção em massa e automatizada emergiu como uma das mudanças revolucionárias proporcionadas pela Segunda Revolução Industrial, com os Estados Unidos liderando esse movimento³¹⁻³². Além disso, a produção em massa de automóveis teve impactos significativos na indústria de petróleo, levando-a a superar o carvão como fonte de energia na década de 1930, em razão da abertura crescente de postos de combustíveis³³.

Ainda, a especialização e ascensão das fábricas, provocaram amplas mudanças na população, com deslocamentos do campo para as áreas urbanas e mudanças fundamentais na dinâmica do trabalho e das interações sociais³⁴. Essas inovações não só transformaram as indústrias e os meios de transporte, mas também redefiniram a mobilidade urbana e a economia global.

É relevante salientar que a combinação das inovações resultantes das duas primeiras revoluções industriais³⁵, juntamente com o acesso a suprimentos de matérias-primas abundantes, não apenas aumentou a produtividade humana, como também propiciou melhorias na agricultura, tendo em vista que a mecanização dos aparatos agrícolas e a fabricação de fertilizantes artificiais, inseticidas industriais e outros produtos tornaram os campos muito mais produtivos³⁶.

Tanto a Primeira, como a Segunda Revolução industrial estão inseridas no contexto da Sociedade 3.0 ou Sociedade Industrial. Como se pode observar, a Segunda Revolução Industrial

²⁹ CASTELLS, *op. cit.*

³⁰ RIFKIN, *op. cit.*

³¹ HOBBSAWM, Eric J. **Da revolução industrial inglesa ao imperialismo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

³² De acordo com Eric J. Hobsbawm a produção em massa é uma evolução que se divide em duas partes – uma técnica e outra organizacional. A parte técnica refere-se à mecanização das fábricas, ao passo que a parte organizacional diz respeito ao fluxo de processos e de “administração científica” do trabalho. *Ibid*, p. 163. Exemplo dessa produção massificada é a linha de montagem da fábrica de Henry Ford, que tinha como característica a utilização de partes intercambiáveis e de esteiras transportadoras, que permitiam o transporte sequencial dos produtos fabricados para os postos de trabalho estacionários. ANDERSON, *op. cit.*

³³ RIFKIN, *op. cit.*

³⁴ SMITH, Bradford. The Third Industrial Revolution. **Science and Technology Law Review**, v. 3, p. 1–45, 2019.

³⁵ Como salienta Coimbra, a Primeira Revolução Industrial marcou a transição da força física humana, para a potência mecânica das máquinas, enquanto a Segunda Revolução Industrial viu a eletricidade ampliar as capacidades de produção em larga escala, com a intensa mecanização do processo produtivo. COIMBRA, Rodrigo; ARAÚJO, Franciso Rossal de. **Direito do Trabalho**. 2.ed. São Paulo: Ltr, 2021.

³⁶ HARARI, *op. cit.*

não apenas expandiu as conquistas da primeira, como também introduziu mudanças profundas que redefiniram tanto a paisagem industrial, como a social.

Diante desse cenário dinâmico de transformações, emerge a Terceira Revolução Industrial, configurando-se mais um marco na evolução contínua da sociedade. Também conhecida como Revolução Digital ou Revolução 3.0, teve início aproximadamente a partir de década de 1960 e está associada à ascensão da tecnologia da informação e da comunicação (TIC).

2.1.2. Da Terceira Revolução Industrial à Quarta Revolução Industrial: sociedade da informação

A ascensão da Terceira Revolução Industrial transcende à mera introdução de tecnologias digitais, sendo marcada pela reconfiguração das esferas social e econômica da sociedade.

Klaus Schwab enfatiza que de maneira semelhante às fases anteriores, a Terceira Revolução Industrial não foi desencadeada pela simples existência de tecnologias digitais, mas pelas transformações que elas provocaram, tanto na sociedade, quanto na economia, como a capacidade de armazenamento, processamento e transmissão de informações de maneira digital, que modificou a forma de trabalho e de interação social, assim como propiciou um acúmulo de riquezas e aumento de oportunidade nos países mais avançados³⁷. Isto é, a tecnologia da informação foi para essa nova fase “o que as novas fontes de energia foram para as revoluções industriais sucessivas, do motor a vapor à eletricidade, aos combustíveis fósseis e até mesmo à energia nuclear”³⁸.

³⁷ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

³⁸ CASTELLS, *op. cit.*

Durante a Segunda Guerra Mundial começaram a surgir as primeiras invenções tecnológicas como o computador programável³⁹, o transistor⁴⁰, entre outros, propiciando uma revolução da tecnologia da informação⁴¹, refletindo uma mudança significativa no paradigma da produção industrial, bem como marcando o início da revolução tecnológica. Ou seja, o computador programável representou um divisor de águas na história da computação, pois abriu caminho para os computadores modernos e inaugurou uma era de transformação da produção industrial.

Pode-se dizer que a eletrônica e os computadores, identificados por pensadores como Toffler, como elementos centrais da Revolução Tecnológica, não apenas se mostraram ferramentas eficazes, mas catalisadores de mudanças profundas na maneira como a sociedade concebe e realiza suas atividades⁴². De acordo com Castells os últimos vinte anos do século XX foram marcados com o aumento da capacidade de processamento dos computadores e pelo armazenamento de dados em sistemas interligados em rede, modificando as interações sociais e organizacionais⁴³.

³⁹ Os primeiros computadores, segundo Tim Wu, eram enormes, ocupando uma sala inteira e tinham como função primordial a realização de cálculos (processamento de dados). Relata que o maior computador da história foi o IBM NA/FSQ-7. Ele pesava trezentas toneladas e ocupava o espaço de 1800 metros quadrados, sendo que seu transporte era realizado por dezoito camionetes. WU, Tim. **Impérios da comunicação: do telefone à internet, da AT&T ao Google**. Rio de Janeiro: Zahar, 2012. Pierre Lévy esclarece que os primeiros computadores programáveis, alimentados com dados por intermédio de cartões perfurados, surgiram na década de 1940 e eram destinados apenas ao uso militar. O uso civil do computador começou a se disseminar a partir da década de 1960, sendo que com a evolução da tecnologia, passou a contar dispositivos computacionais que facilitam a digitalização da informação, como o teclado, o mouse, os leitores óticos, os digitalizadores automáticos, entre outros. LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2010. Esse avanço ocorreu em grande medida, devido à invenção do microprocessador (chip), pois possibilitou o processamento de informações em qualquer local. CASTELLS, *op. cit.*

⁴⁰ O transistor, concebido em 1947 nos Laboratórios Bell pelos cientistas Walter Brattain, John Bardeen e William Shockley, teve sua origem em um pequeno dispositivo composto por lâminas de ouro, um chip de material semicondutor e um clipe de papel distorcido. Com o avanço da tecnologia, os transistores foram integrados aos microchips, potencializando significativamente a capacidade de processamento dos computadores. Contudo, a produção em larga escala e a comercialização dependiam do desenvolvimento de novas tecnologias, o que só foi alcançado em etapas subsequentes. Foi somente em 1954, com a incorporação de Gordon Teal à equipe, que se tornou possível a fabricação do transistor de silício, conferindo-lhe, assim, viabilidade comercial. ISAACSON, Walter. **Os inovadores: uma biografia da revolução digital**. São Paulo: Companhia das Letras, 2014. *E-book*.

⁴¹ CASTELLS, *op. cit.*, p. 68.

⁴² TOFFLER, *op. cit.*

⁴³ CASTELLS, *op. cit.*

No entanto, quando os computadores foram combinados em redes e, posteriormente, conectados à internet⁴⁴, realmente começaram a transformar a sociedade⁴⁵, tendo em vista que permitiu pela primeira vez a comunicação de muitos com muitos em escala global⁴⁶. Ressalta-se, nesse sentido, que o período entre as décadas de 1960 e 1990, foi marcada por um notável desenvolvimento científico, como explica Lindoso:

Entre 1960 e 1990, o desenvolvimento científico esteve em plena expansão, com a criação das primeiras bases de dados e intensificação da criação de máquinas computadorizadas, as quais passaram a ser vendidas para grandes empresas e depois para o público em geral. Nessa época, o mundo vivia um processo de migração do fluxo de informação do papel para as mídias digitais, o que também corroborou com o fato de que cada vez mais dados estavam sendo produzidos e poderiam ser analisados, acabando por estimular o avanço das análises de dados através de computadores. Em paralelo, veio a internet, popularizando-se de forma crescente o acesso à comunicação através de uma plataforma unificada.⁴⁷

A internet, portanto, foi a grande mudança na virada do século, propiciando uma revolução digital que marcou a sociedade e os mercados como são conhecidos hoje⁴⁸. Ou seja, essa nova tecnologia, ao propiciar uma plataforma unificada para a comunicação, marcou o início de uma jornada, desenvolvendo um novo paradigma social, com uma percepção diferente da informação⁴⁹.

A Terceira Revolução Industrial inaugurou a Sociedade Informacional, em que a informação, passa a ser o epicentro da sociedade, reconfigurando fundamentalmente a maneira

⁴⁴ Criada na década de 1960 nos Estados Unidos, inicialmente para fins militares, foi a pioneira em permitir a transferência de dados, sem que fosse necessário em centro de controle. Tem sua origem na Arpanet, criada pela ARPA (Advanced Research Projects Agency), com a finalidade de buscar tecnologia militar superior à da União Soviética. A primeira demonstração bem-sucedida da Arpanet ocorreu em 1972, sendo que em 1975 foi transferida para a DCA (Defense Communication Agency) com o objetivo de disponibilizar a comunicação por computador para diversos ramos das forças armadas. Em 1983 a DCA dividiu a Arpanet em Milnet (para uso exclusivamente militar) e Arpa-Internet dedica à pesquisa, que futuramente passou a ser administrada pela National Science Foundation até ser privatizada. CASTELLS, *op. cit.* Pode-se dizer que a inovação técnica fundamental da Arpanet foi a comunicação direta entre computadores, por meio da comutação de pacotes, que divide a mensagem em pedaços menores para que pudessem ser roteados independentemente, por vários caminhos, bem como reenviados caso não chegasse ao seu destino. LARUS, James R., *Evolution of Computing*. In.: WERTHNER, Hannes *et al* (Orgs.). **Introduction to Digital Humanism**, Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 31–45. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_4. Acesso em: 02 jan. 2024.

⁴⁵ ANDERSON, *op. cit.*

⁴⁶ CASTELLS, Manuel. **A galáxia da internet: reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade**. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. *E-book*.

⁴⁷ LINDOSO, Maria Cristine Branco. **Discriminação de gênero no tratamento automatizado de dados pessoais: como a automatização incorpora vieses de gênero e perpetua a discriminação de mulheres**. Rio de Janeiro: Processo, 2021, p. 48-49.

⁴⁸ *Ibid.*

⁴⁹ NARVAEZ ROJAS *et al.*, *op. cit.*

como as informações são registradas e transmitidas, bem como redefinindo as interações sociais⁵⁰.

A transição do século XX para o século XXI e a evolução incessante das tecnologias da informação e comunicação apontam para o advento da Quarta Revolução Industrial⁵¹, uma fase disruptiva, que abrange uma variedade de inovações que impactam profundamente a vida cotidiana. Davis a descreve como “o advento de ‘sistemas ciberfísicos’ envolvendo capacidades inteiramente novas para pessoas e máquinas”, representando formas novas de integração da tecnologia na sociedade e até mesmo nos corpos humanos⁵², assim como mudanças na maneira como o valor econômico, político e social é criado, trocado e distribuído⁵³.

São tecnologias que criam formas de locomoção e comunicação, novos valores e oportunidades, como a robótica, a computação em nuvem, o *big data*, entre outros⁵⁴. Nesse sentido, Philbeck e Davis argumentam que assim como nas revoluções anteriores, a Quarta Revolução Industrial apresenta oportunidades notáveis aos indivíduos, indústrias e nações, como a inteligência artificial, a Internet das Coisas (IoT) e a computação quântica que prometem a otimização de sistemas; as tecnologias de registro distribuído, como a blockchain, que oferecem segurança e gerenciamento eficiente contra fraudes; as neurotecnologias que abrem possibilidades para o aumento das capacidades cognitivas e físicas humanas, entre outros⁵⁵.

Como alerta Klaus Schwab, a amplitude da Quarta Revolução Industrial ultrapassa a mera conectividade entre sistemas e máquinas inteligentes, ou seja, como é possível observar as novas descobertas estão ocorrendo em diversas áreas “que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica”, tornando essa

⁵⁰ FALEIROS JUNIOR, José Luiz de Moura. A evolução da inteligência artificial em breve retrospectiva. *In.*: BARBOSA, Mafalda Miranda *et al* (Orgs.). **Direito digital e inteligência artificial**: diálogos entre Brasil e Europa. Indaiatuba: Foco, 2021, p. 3–26.

⁵¹ Thomas Philbeck e Nicholas Davis ressaltam uma distinção importante entre os conceitos de Quarta Revolução Industrial e Indústria 4.0, apesar de frequentemente serem utilizados como sinônimos. Enquanto o termo "Indústria 4.0" teve sua origem na Alemanha, no âmbito do Plano de Ação para a Estratégia de Alta Tecnologia 2020 do Governo Federal Alemão, focaliza especificamente a interligação entre digitalização, transformação organizacional e aprimoramento da eficiência nos sistemas de produção. Em contrapartida, a Quarta Revolução Industrial engloba um escopo mais amplo, abarcando transformações de valores relacionadas ao advento de novas tecnologias que transcendem os domínios digital, físico e biológico. PHILBECK, Thomas; DAVIS, Nicholas. The fourth industrial revolution. **Journal of International Affairs**, v. 72, n. 1, p. 17–22, 2018. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26588339>. Acesso em: 27 nov. 2023.

⁵² DAVIS, Nicholas. What is the fourth industrial revolution? **Fórum Econômico Mundial**, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

⁵³ PHILBECK; DAVIS, *op. cit.*

⁵⁴ NARVAEZ ROJAS *et al.*, *op. cit.*

⁵⁵ PHILBECK; DAVIS, *op. cit.*

nova fase, diferente das anteriores, tendo em vista a convergência sinérgica dessas tecnologias e interrelação entre os campos físicos, digitais e biológicos⁵⁶.

Trata-se de um novo capítulo da evolução humana, caracterizada pela interação entre as tecnologias que foram criadas nas três revoluções anteriores e a criação de novas tecnologias mais disruptivas, que crescerão cada vez mais, incorporando-se à vida cotidiana⁵⁷. Hoje a combinação de tecnologias como algoritmos de inteligência artificial, sensores, Internet das Coisas, robôs, drones, entre outros estão cada vez mais integrados aos espaços físicos, sociais e políticos, alterando o comportamento e o significado das relações interpessoais⁵⁸, consolidando o que se entende por Sociedade Informacional.

2.1.3. Sociedade de Informação: do ciberespaço à infosfera

As tecnologias criadas no final do Século XX deram origem a uma sociedade cujo elemento central é a informação, inaugurando o que se entende por Sociedade da Informação⁵⁹.

As tecnologias da informação e comunicação que surgiram com o advento da Terceira Revolução Industrial, estabeleceram um novo modelo organizacional, baseado na informação, global e em rede, consolidando o que se entende por sociedade da informação ou sociedade pós-industrial. Ou seja, esses termos referem-se às mudanças estruturais da sociedade, como no setor da economia, das tecnologias, do trabalho, entre outros, advindas da intersecção entre as novas tecnologias e a sociedade.

A Oxford Reference entende por Sociedade da Informação, “aquela em que a informação é a característica definidora, ao contrário da sociedade industrial onde a energia a vapor e os combustíveis fósseis eram elementos distintivos”. Luciano Floridi complementa essa ideia, destacando a sociedade da informação como aquela em que a informação é considerada

⁵⁶ SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. *E-book*.

⁵⁷ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

⁵⁸ PHILBECK; DAVIS, *op. cit.*

⁵⁹ O termo “sociedade da informação” foi utilizado pioneiramente no Japão da década de 1960. A versão japonesa da expressão, surgiu primeiramente durante uma conversa entre o arquiteto Kisho Kurokawa e o historiador Tadao Umesao. Posteriormente, em 1964, o termo foi usado como título de um estudo publicado por Jiro Kamishima. Além disso, foi título de livros publicados entre os anos de 1968 e 1969, pelos autores Yujiro Hayashi (*The Information Society: From Hard to Soft Society*), Yoneji Masuda e Konichi Kohyma (*Introduction to an Information Society*). Em 1971 o Japão publicou um dicionário sistematizador sobre a sociedade da informação. KARVALICS, Laszlo Z. **Information Society: what is it exactly?** (The meaning, history and conceptual framework of an expression). 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237332035_Information_Society_-_what_is_it_exactly_The_meaning_history_and_conceptual_framework_of_an_expression. Acesso em: 27 nov. 2023.

uma característica fundamental e a tecnologia da informação desempenha um papel cada vez mais relevante na vida humana⁶⁰.

Daniel Bell, por sua vez, utiliza o termo “sociedade pós-industrial” para descrever a sociedade organizada em torno do conhecimento, influenciando o controle social e a direção da inovação, dando origem a novas relações sociais e estruturas políticas. Aduz o autor que o significado de sociedade pós-industrial pode ser melhor compreendido a partir das seguintes dimensões: a) econômica, com a passagem de uma economia produtora de bens para uma economia de serviços; b) distribuição ocupacional, em que já o predomínio de classe profissional e técnica; c) princípio axial em que o conhecimento teórico é fonte de inovação e de formulação de políticas públicas; d) orientação para o futuro, levando-se em consideração o controle da tecnologia, com avaliação tecnológica; e) tomada de decisão, com a criação de uma tecnologia intelectual⁶¹.

O conceito de sociedade pós-industrial de Bell é caracterizado pela ênfase da informação como fator de mudança da economia, da política e da cultura e as tecnologias de informação e comunicação como instrumentos de transformação da sociedade⁶².

Para Manuel Castells a sociedade da informação é aquela em que a informação baseada em conhecimento é de grande relevância para a produtividade das empresas e das nações, além de ser uma sociedade globalizada e em rede. O autor identifica cinco características essenciais da sociedade da informação: a) a informação é considerada a matéria-prima desse novo paradigma, tendo em vista que as tecnologias agem sobre a informação; b) penetrabilidade dos efeitos das novas tecnologias, pois todos os processos relativos à sociedade são moldados pelo meio tecnológico; c) lógica de redes, em que a rede passa a ser implementada em todos os processos e organizações, tendo como força impulsionadora a inovação na atividade humana; d) flexibilidade, tendo em vista que processos, organizações e instituições podem ser reconfiguradas; e) convergência de tecnologias específicas para um sistema integrado, em que um elemento depende do outro dentro dos sistemas tecnológicos⁶³.

São as redes também que formam a infraestrutura do ciberespaço, isto é, “um novo espaço de comunicação, de sociabilidade, de organização e de transação, mas também um novo mercado da informação e do conhecimento”⁶⁴. Segundo Lévy é um espaço de comunicação

⁶⁰ FLORIDI, *op. cit.*

⁶¹ BELL, Daniel. **The coming of post-industrial society: a venture in social forecasting**. New York: Basic Books, 1999.

⁶² WEBSTER, Frank. **Theories of the information society**. 4. ed. New York: Routledge, 2014.

⁶³ CASTELLS, *op. cit.*

⁶⁴ LÉVY, *op. cit.*, p. 32.

criado pela interconexão mundial dos computadores, que permite o compartilhamento de mensagens entre diferentes comunidades, a transferência de dados, as conferências eletrônicas, entre outros⁶⁵.

Luciano Floridi ao analisar a sociedade informacional contemporânea, argumenta que grande parte das sociedades já estão vivenciando a fase da hiper-história, em que os indivíduos (*inforgs*)⁶⁶ fazem parte de um ambiente informacional, que ele denomina de infosfera⁶⁷, em que todas as interações são igualmente informacionais. Para o autor, a infosfera é um conceito que abrange o de ciberespaço, tendo em vista que se refere ao ambiente informacional como um todo (com todas as entidades informacionais, interação, processos e relacionamentos), além dos espaços de informação *offline* e analógicos⁶⁸.

As novas tecnologias da informação e comunicação são as responsáveis pela mudança que vem ocorrendo no mundo, criando outras realidades, pois estão reduzindo a fronteira entre o analógico e o digital, de maneira que o mundo digital *online*, está se misturando com o mundo analógico *offline*, fazendo com que as pessoas estejam cada vez mais vivendo “*onlife*”⁶⁹. Nesse sentido:

Quando na infosfera as fronteiras entre a vida "online" e "offline" são perdidas, e estamos constantemente conectados uns aos outros, cercados por objetos inteligentes capazes de interagir conosco e fluxos constantes de dados, então podemos dizer que estamos integrados ao mundo "onlife". A experiência onlife é a contrapartida da quarta revolução. O digital nos desconectou da centralidade na infosfera, mas nos colocou à

⁶⁵ LÉVY, *op. cit.*

⁶⁶ Luciano Floridi analisa o processo evolutivo da sociedade por intermédio de revoluções científicas. Isto é, a primeira revolução (copernicana) fez com que os indivíduos deixassem de acreditar que a Terra era o centro do Universo. Já a segunda revolução de Charles Darwin, demonstrou que a evolução de espécies vivas é resultado de um processo de seleção natural. Já a terceira revolução científica, de Sigmund Freud, por meio da psicanálise, esclareceu que a mente humana é inconsciente e sujeita a mecanismos de defesa. Argumenta que atualmente a sociedade vive o quarto estágio, conhecido como quarta revolução, inaugurado por Alan Turing, quando publicou seu famoso artigo “Computational Machines and Intelligence”, apresentando a palavra computador como sinônimo de máquina programável. Desde então a ciência da computação e as tecnologias da informação evoluíram significativamente, modificando o significado da realidade e transformando-a em um ambiente informacional (infosfera). Argumenta, nesse sentido, que os indivíduos dessa quarta revolução são considerados organismos informacionais – *inforgs* –, ou seja, são mutuamente conectados e parte da infosfera, compartilhada com outros agentes informacionais (naturais e artificiais) que processam informações de maneira lógica e autônoma. FLORIDI, *op. cit.*

⁶⁷ Infosfera é um termo que foi cunhado na década de 1970, por Sheppard, em uma crítica escrita para a *Time Magazine*, para se referir a uma camada de poluição eletrônica e tipográfica, composta por clichês jornalísticos, de entretenimento, publicitários e do governo. SHEPPARD, R. Z. Books: Rock Candy. **Time Magazine**, 1971. Disponível em: <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,905004,00.html>. Acesso em: 27 nov. 2023. Posteriormente, o termo foi utilizado por Alvin Toffler, para designar a esfera da Terceira Onda, destinada a produzir e distribuir informações. TOFFLER, *op. cit.* Luciano Floridi, na década de 1990, passou a utilizar o termo, sob a perspectiva da filosofia da informação, como um neologismo ao termo biosfera, para o fim de analisar o novo ambiente em que operavam os diferentes componentes da sociedade da informação. FLORIDI, Luciano, *Infosfera*. In: DI BARI, Vito (Ed.). **Dizionario dell’Economia Digitale**, Milão: Il Sole 24 Ore, 2003.

⁶⁸ FLORIDI, *op. cit.*

⁶⁹ *Ibid.*

nossa informação como identidade, e dessa forma também para o resto da realidade, como nós da mesma rede⁷⁰.

Vale destacar que as tecnologias estão se tornando cada vez mais parte dos seres humanos. Inclusive, Klaus Schwab e Nicholas Davis alertam que em breve “mais de 80 bilhões de dispositivos conectados ao redor do mundo” estão em comunicação com os indivíduos e com outros dispositivos, provocando grandes transformações no mundo⁷¹. Nessa transição do analógico para o digital, vivenciada atualmente pela sociedade, os seres humanos se tornam parte dessas tecnologias, não havendo mais diferença física processadores e processados, tendo em vista que as interações se tornam igualmente informacionais⁷². O termo *onlife*, dessa forma, deixa claro que essa interação humano-tecnologia, fará com que as pessoas não estejam nem *on-line*, nem *off-line*, “mas em um novo tipo de mundo – o mundo *on-life*” que está começando a se estabelecer⁷³.

Observa-se, portanto, que nesse novo paradigma, as barreiras entre o mundo digital e o físico tornam-se cada vez mais difusas, criando uma interdependência intrínseca entre as esferas tecnológicas e humanas. O uso integrado de novas tecnologias como os algoritmos de inteligência artificial, a Internet das Coisas e a computação ubíqua, estão contribuindo para o esmaecimento das fronteiras entre o *online* e o *offline*, moldando a sociedade e a natureza das interações sociais.

A Sociedade Informacional, assim, não é apenas um conceito, mas uma realidade dinâmica que se desdobra diante de nós, moldando o presente e sinalizando uma era de possibilidades inexploradas na interseção entre a humanidade e a tecnologia.

2.2. AS NOVAS TECNOLOGIAS ADVINDAS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial tem sido marcada pela rápida ascensão de inovações tecnológicas que transformam radicalmente a sociedade contemporânea. Nesse cenário dinâmico, as novas tecnologias que emergem desempenham um papel fundamental na moldagem do futuro, além de desempenharem papel facilitador no desenvolvimento do metaverso, como a inteligência artificial, a robótica e a internet das coisas (IoT).

⁷⁰ FLORIDI, Luciano. **Il verde e il blu**: idee ingenua per migliorare la politica. Milano: Raffaello Cortina, 2020. *E-book*.

⁷¹ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

⁷² FLORIDI, *op. cit.*

⁷³ HOFFMANN-RIEM, Wolfgang. **Teoria geral do direito digital**: transformação digital: desafios para o direito. Rio de Janeiro: Forense, 2021, p. 46.

Como será analisado a seguir, a inteligência artificial representa um avanço significativo, capacitando sistemas a aprender e tomar decisões. A internet das coisas, por sua vez, conecta dispositivos e sistemas, proporcionando uma comunicação interativa entre eles.

Além disso, é relevante destacar que essas tecnologias se beneficiando da expansão da largura de banda, da crescente disponibilidade de serviços na nuvem e do aumento da velocidade e capacidade de processamento, para serem incorporadas não apenas na produção industrial, mas também na melhoria da infraestrutura de transportes e na criação de dispositivos interativos que potencializam a conectividade e a eficiência em diversos setores.⁷⁴

2.2.1. Inteligência Artificial: digressão histórica e aspectos conceituais

Nos últimos anos a inteligência artificial (IA) registrou avanços significativos, em especial, as técnicas de treinamento de redes neurais profundas, que obtiveram notável sucesso, transpondo a fronteira dos laboratórios de pesquisa, para serem amplamente incorporadas em produtos e serviços de diversos setores. A utilização diária de tecnologia de IA por bilhões de pessoas, já está exercendo um impacto substancial na sociedade, considerando as diversas áreas de aplicação, que vão desde o setor de saúde, até a sua utilização em veículos e robôs autônomos.

Apesar de ser uma tecnologia em evidência atualmente, a inteligência artificial teve seus primórdios na década de 1950. Nesse período, os pioneiros da IA, como Alan Turing e John McCarthy, deram os primeiros passos na interseção entre ciência da computação, lógica matemática e teoria cognitiva. Esses visionários estabeleceram conceitos fundamentais que pavimentaram o caminho para o desenvolvimento subsequente da IA.

Alan Turing, foi o primeiro pesquisador a abordar o tema. Foi a partir da inquietação e da visão ambiciosa do matemático, que em 1950 começou a questionar a natureza da inteligência das máquinas, ao perguntar: “pode uma máquina pensar?”⁷⁵. Foi a partir do artigo “Máquinas de computação e inteligência” que Turing propôs um experimento operacional para inteligência, denominado “jogo da imitação” (teste de Turing), em que avaliava o comportamento da máquina, em especial, a capacidade de enganar um interrogador humano, levando-o a acreditar que é uma pessoa humana⁷⁶.

⁷⁴ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

⁷⁵ FLORIDI, Luciano; CABITZA, Federico. **Intelligenza artificiale: l'uso delle nuove macchine**. Firenze: Giunti, 2021. *E-book*.

⁷⁶ RUSSELL, Stuart. **Inteligência artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia Digital, 2022. *E-book*.

Posteriormente, o tema ganhou maior notoriedade com o Projeto de Pesquisa de Verão de Dartmouth sobre inteligência artificial, promovido pelos pesquisadores John McCarthy⁷⁷, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, do Dartmouth College. O projeto, realizado no verão de 1956, durou dois meses, abordou diversos temas como computação automática, redes neurais, entre outros. Durante a primeira década após a realização do projeto, a inteligência artificial alcançou notórias conquistas, como o programa de damas que venceu seu criador Arthur Samuel⁷⁸⁻⁷⁹. Inclusive, Herbert Simon, um dos dez participantes do projeto, fez previsões otimistas com relação à inteligência artificial, aduzindo que em dez anos um computador seria campeão de xadrez e o teorema matemático seria comprovado por uma máquina⁸⁰.

Em que pese o entusiasmo inicial dos pesquisadores acerca do futuro promissor da inteligência artificial, algumas promessas não se concretizaram, fazendo com que o desenvolvimento da tecnologia passasse por períodos de inverno⁸¹. O primeiro ocorreu no final da década de 1960, quando os estudos referentes ao aprendizado de máquina e à tradução automática, não atingiram as expectativas iniciais⁸². Na década de 1980, iniciou uma nova primavera, com o lançamento do Projeto de Sistemas de Computador de Quinta Geração pelo

⁷⁷ Foi John McCarthy que utilizou pela primeira vez o termo “inteligência artificial”, na proposta para o Projeto de Pesquisa de Verão de Dartmouth a seguir descrito: “Propomos que um estudo de 2 meses e 10 homens sobre inteligência artificial seja realizado durante o verão de 1956 no Dartmouth College, em Hanover, New Hampshire. O estudo deve prosseguir com base na conjectura de que todos os aspectos da aprendizagem ou qualquer outra característica da inteligência podem, em princípio, ser tão precisamente descritos que uma máquina pode ser feita para simulá-la. Uma tentativa, será feita para descobrir como fazer as máquinas usarem a linguagem, formar abstrações e conceitos, resolver tipos de problemas agora reservados aos seres humanos e melhorar a si mesmos. Acharmos que um avanço significativo pode ser feito em um ou mais desses problemas se um grupo cuidadosamente selecionado de cientistas trabalhar nele em conjunto durante o verão”. MCCARTHY, John. **A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence**. 1955. Disponível em: <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

⁷⁸ RUSSELL, *op. cit.*

⁷⁹ Samuel aproveitou o fato de que os jogadores de dama faziam anotações sobre os lances, diferenciando os bons, dos ruins, de maneira que seu programa de aprendizagem repetia os jogos constantes nas anotações para ajustar os critérios de escolha dos movimentos. Em 1961, Samuel desafiou o campeão de damas do estado de Connecticut, sendo que seu programa foi o vencedor. O trabalho desenvolvido pelo pesquisador, influenciou o conjunto de instruções dos primeiros computadores da IBM. LEE, J. A. N. **Computer Pioneers**. IEEE Computer Society Press, 1995. Disponível em: <https://history.computer.org/pioneers/index.html>. Acesso em: 28 nov. 2023.

⁸⁰ RUSSELL, Stuart J; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence a modern approach**. 4. ed. Harlow, England: Pearson, 2022. *E-book*.

⁸¹ Segundo Luciano Floridi a metáfora “inverno da IA” diz respeito a um estágio de desenvolvimento em que “a tecnologia, os negócios e a mídia saem de sua bolha quente e confortável, acalmam-se, moderam suas especulações de ficção científica e exageros irracionais e chegam a um acordo sobre o que a IA pode ou não realmente fazer como uma tecnologia, sem exageros”. Ou seja, é um período em que há um declínio nos investimentos e uma mudança de foco nas notícias veiculadas na mídia. A evolução da inteligência artificial é feita de ciclos, que já passou por diversos invernos. (tradução própria). FLORIDI, Luciano. AI and Its New Winter: from Myths to Realities. **Philosophy & Technology**, v. 33, n. 1, p. 1–3, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-020-00396-6>. Acesso em: 28 nov. 2023.

⁸² RUSSELL, *op. cit.*

Japão, que não atingiu os objetivos almejados, fazendo surgir um novo inverno nas pesquisas de inteligência artificial⁸³.

O desenvolvimento da IA somente ganhou força no início do século XXI, devido ao avanço significativo da internet, à redução nos custos de armazenamento de dados, à ascensão da computação em nuvem e à criação de algoritmos inovadores⁸⁴. Nos últimos anos, no entanto, a IA tem experimentado o período mais quente de sua existência, sendo que o ponto de virada ocorreu em 2016, quando o programa AlphaGo, desenvolvido por engenheiros da empresa DeepMind, derrotou o campeão de Go, Lee Sedol, em cinco rodadas⁸⁵.

Apesar do avanço significativo nas pesquisas relacionadas à tecnologia, ainda não se chegou a um denominador comum quanto a sua definição. Inclusive, Russel e Norvig destacam que, historicamente, diversos pesquisadores vêm buscando definir inteligência artificial de diferentes maneiras, ou seja, alguns realizando uma abordagem relacionada à psicologia, analisando o comportamento humano real e os processos de pensamento, outros uma abordagem racionalista, a partir da combinação de matemática e engenharia⁸⁶.

Segundo Floridi, a melhor definição de IA ainda é aquela elaborada por McCarthy, Minsky, Rochester e Shannon, segundo a qual o problema da IA é fazer com que uma máquina aja de forma inteligente, como se fosse o comportamento de um ser humano. Nesse sentido, o autor define IA com base em resultados e ações, como “um reservatório de agência inteligente disponível”⁸⁷.

Organizações internacionais e diversos países, além da preocupação de regulamentar a tecnologia de maneira eficaz⁸⁸, vêm se debruçando sobre o desafio de estabelecer uma

⁸³ KAUFMAN, Dora. **A inteligência artificial irá suplantará a inteligência humana?** São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2018. *E-book*.

⁸⁴ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. Curitiba: Alteridade, 2019.

⁸⁵ LEE, Kai-Fu; QIUFAN, Chen. **2041: Como a inteligência artificial vai mudar sua vida nas próximas décadas**. Rio de Janeiro, RJ: Globo Livros, 2022. *E-book*.

⁸⁶ RUSSELL; NORVIG, *op. cit.*

⁸⁷ FLORIDI, Luciano. What the Near Future of Artificial Intelligence Could Be. **Philosophy & Technology**, v. 32, n. 1, p. 1–15, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-019-00345-y#citeas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

⁸⁸ Observa-se nos últimos anos um aumento nas discussões acerca da necessidade de regulamentação da tecnologia, a exemplo da União Europeia. Em junho de 2023, o Parlamento Europeu, após discussões e modificações no texto da Proposta de regulamento que estabelece regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial - 2021/0106 (COD) - a aprovou, encaminhando o texto para as negociações finais entre o Parlamento Europeu, o Conselho Europeu e os Estados-membros. As reuniões do tríplice foram realizadas em junho, julho, setembro e outubro de 2023, sendo que as negociações continuam em curso. MADIEGA, Tambiama. Artificial intelligence Act in “A Europe Fit for the Digital Age”. **Legislative Train Schedule: European Parliament**, 20 out. 2023. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-europe-fit-for-the-digital-age/file-regulation-on-artificial-intelligence?sid=7401>. Acesso em: 28 nov. 2023. Em maio o Conselho aprovou o ato legislativo, sendo que após a publicação no Jornal Oficial da União Europeia, entrará em vigor vinte dias após a

definição consensual, a exemplo da UNESCO, que na Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial, adotou uma definição fundamentada em aspectos do sistema, como a capacidade de aprendizado e de realização de tarefas cognitivas por modelos e algoritmos de IA⁸⁹. Recentemente, os países membros da OCDE aprovaram uma versão revisada da definição de sistema de IA⁹⁰, entendendo-o como:

[...] um sistema baseado em máquina que, para objetivos explícitos ou implícitos, infere, a partir das informações que recebe, como gerar resultados como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões que podem influenciar ambientes físicos ou virtuais. Diferentes sistemas de IA variam nos seus níveis de autonomia e adaptabilidade.

Segundo Russel, Perset e Grobelnik para que se possa legislar e regulamentar a inteligência artificial, é necessário ter uma definição global que sirva de base, de maneira que os Estados-membros da OCDE elaboraram um conceito que inclui sistemas autônomos, LLM e que se adapta à evolução da tecnologia⁹¹.

A inteligência artificial assume, ainda, uma variedade de formas. Ou seja, pode assumir a forma da denominada IA fraca ou estreita (*Narrow AI*), ou ainda, a forma de IA forte ou geral (*Artificial General Intelligence – AGI*). A IA fraca ou estreita refere-se aos sistemas que têm o potencial de superar os humanos em tarefas cognitivas específicas⁹², ao passo que a IA Forte ou geral, também denominada “IA de nível humano”, diz respeito aos sistemas que têm o poder de pensar conscientemente como os humanos⁹³. Em que pese as especulações acerca de sistemas

sua publicação e será aplicável dois anos após sua vigência. O Brasil, de igual forma, também está na corrida para estabelecer um marco regulatório sobre o tema, sendo que se destacam dois projetos de lei, o PL nº 21/2020, considerado mais genérico e principiológico, e o PL nº 2.338/2023 elaborado pela comissão de juristas, que possui uma abordagem baseada no risco.

⁸⁹ De acordo com a UNESCO, os sistemas de IA “são tecnologias de processamento de informações que integram modelos e algoritmos que produzem a capacidade de aprender e realizar tarefas cognitivas, as quais levam a resultados como a previsão e a tomada de decisões em ambientes reais e virtuais. Os sistemas de IA são projetados para operar com vários graus de autonomia por meio da modelagem e da representação de conhecimento e pela exploração de dados e cálculo de correlações. Os sistemas de IA podem incluir vários métodos, tais como, mas não se limitando a: (i) aprendizado de máquina, incluindo aprendizado profundo e aprendizado por reforço; e (ii) raciocínio de máquina, incluindo planejamento, programação, representação de conhecimento e raciocínio, pesquisa e otimização”. UNESCO. *SHS/BIO/PI/2021/1*: Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial, 23 nov. 2022. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por. Acesso em: 28 nov. 2023.

⁹⁰ A OCDE, antes da referida alteração, adotava a seguinte definição: “um sistema de IA é um sistema baseado em máquina que pode, para um determinado conjunto de objetivos definidos pelo homem, fazer previsões, recomendações ou decisões que influenciam ambientes reais ou virtuais”. RUSSEL, Stuart; PERSET, Karine; GROBELNIK, Marko. Updates to the OECD’s definition of an AI system explained. **OCDE**, 2023. Disponível em: <https://oecd.ai/en/wonk/ai-system-definition-update>. Acesso em: 29 nov. 2023.

⁹¹ *Ibid.*

⁹² MÖKANDER, Jakob *et al.* The Switch, the Ladder, and the Matrix: Models for Classifying AI Systems. **Minds and Machines**, v. 33, n. 1, p. 221–248, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-022-09620-y>. Acesso em: 28 nov. 2023.

⁹³ RUSSELL; NORVIG, *op. cit.*

superinteligentes, ainda não existem inteligências artificiais capazes de agir como seres humanos. Kai-Fu Lee argumenta que para se alcançar a AGI é necessário remover as restrições que ainda existem com relação à IA restrita e capacitar os sistemas com novas habilidades, como o aprendizado multidomínio, raciocínio de senso comum, compreensão de linguagem natural, entre outros⁹⁴⁻⁹⁵.

Ainda, para que se possa compreender o funcionamento da inteligência artificial, é importante estudar os elementos que compõem essa tecnologia. Nesse sentido, um elemento central no estudo do tema é o algoritmo, dada a sua ampla utilização. Os algoritmos podem ser descritos por meio de fórmula matemática, ou ainda com texto, no entanto, para serem implementados, é necessário que sejam codificados por meio de linguagem de programação⁹⁶.

Dessa maneira, algoritmo pode ser definido como “qualquer procedimento computacional bem definido que toma algum valor ou conjunto de valores como entrada e produz valor ou conjunto de saída”⁹⁷. De uma maneira mais simples, Peixoto e Silva definem algoritmo como um conjunto de regras que realizam uma sequência de operações⁹⁸. Ou seja, a codificação dos algoritmos possibilita sua interpretação por uma máquina computacional do conjunto de objetivos definidos pelo homem⁹⁹.

São os algoritmos, portanto, que tornam possível a automatização de processos proporcionando uma abordagem sistemática para a execução de tarefas complexas de maneira eficiente e precisa. Essa capacidade de interpretação e processamento torna-se fundamental na implementação de sistemas de inteligência artificial, principalmente no tocante ao aprendizado de máquina (*machine learning*). Pode-se dizer que a característica primordial dos algoritmos de aprendizado de máquina, são a de autoaprendizagem, isto é, o algoritmo se aprimora utilizando dados¹⁰⁰.

⁹⁴ LEE, Kai-Fu. **Inteligência artificial**: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos. Rio de Janeiro: Globo, 2019. *E-book*.

⁹⁵ Embora a AGI seja uma das apostas para o futuro da inteligência artificial, as opiniões sobre ela ainda são divergentes. Muitos especialistas dizem que será possível alcançá-la em até dez anos, outros acreditam que nunca será possível. De acordo com Scott e Schaw um dos motivos para esse ceticismo é a dificuldade de definir o que se entende por inteligência, bem como compreender como o cérebro humano manifesta a inteligência. SCOTT, Kevin; SHAW, Greg. **O futuro da inteligência artificial**: de ameaça a recurso. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2023. *E-book*.

⁹⁶ RUSSELL; NORVIG, *op. cit.*

⁹⁷ CORMEN, Thomas H. *et al.* **Algoritmos**: teoria e prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 17.

⁹⁸ PEIXOTO, *op. cit.*

⁹⁹ FLORIDI; CABITZA, *op. cit.*

¹⁰⁰ HEITZINGER, Clemens; WOLTRAN, Stefan. A Short Introduction to Artificial Intelligence: Methods, Success Stories, and Current Limitations. In: WERTHNER, Hannes *et al* (Orgs.). **Introduction to Digital Humanism**, Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 135–149. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_9. Acesso em: 02 jan. 2024.

O termo aprendizado de máquina foi cunhado em 1959, pelo pioneiro da inteligência artificial Arthur Samuel, que o definiu como um subconjunto da IA que permite computadores adquirir conhecimento sem que seja necessária uma programação explícita¹⁰¹. O aprendizado de máquina é um subcampo da IA que “modela as ‘regras’ a partir dos dados de entrada, mapeando-as para a saída”¹⁰². Pode ser categorizado em quatro tipos principais: aprendizagem supervisionada; não supervisionada; semi-supervisionada e aprendizagem por reforço.

Na aprendizagem supervisionada¹⁰³ são fornecidos os resultados desejados (*outputs*), sendo que o sistema chega à meta por tentativa e erro¹⁰⁴. Nesse modelo, os dados são rotulados¹⁰⁵, ou seja, o agente aprende uma função com a inserção de um novo dado que possui um rótulo apropriado¹⁰⁶. Por sua vez, na aprendizagem não supervisionada, há utilização de dados não rotulados, de modo que o agente aprende os padrões de entrada sem *feedback* explícito¹⁰⁷, ou seja, a tarefa é encontrar padrões em amostras de entrada a partir de dados não marcados, sendo que a abordagem mais comum desse tipo de aprendizagem de máquina, são os métodos de agrupamento, de detecção de anomalias e aprendizagem de modelos de variáveis latentes¹⁰⁸.

¹⁰¹ ADAVI, Zohreh *et al.* Machine Learning-Based Estimation of Hourly GNSS Precipitable Water Vapour. **Remote Sensing**, v. 15, n. 18, p. 4551, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/18/4551#B63-remotesensing-15-04551>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁰² AZHARI, Faris *et al.* Deep learning implementations in mining applications: a compact critical review. **Artificial Intelligence Review**, v. 56, n. 12, p. 14367–14402, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-023-10500-9#citeas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁰³ O aprendizado de máquina supervisionado mostra algumas superioridades em relação aos humanos, ou seja, é excelente para aprender com grandes quantidades de dados estruturados, enquanto humanos possuem capacidade cerebral limitada. Mostra boa capacidade de generalização se lhe for oferecido um número adequado de amostras de treinamento. E, por fim, os novos dados contribuem para ajustar as projeções de insumo-produto. JIANG, Yuchen *et al.* Quo vadis artificial intelligence? **Discover Artificial Intelligence**, v. 2, n. 1, p. 4, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44163-022-00022-8>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁰⁴ KAUFMAN, Dora. **A inteligência artificial irá suplantará a inteligência humana?** São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2018. *E-book*.

¹⁰⁵ Os rótulos são padrões relevantes que foram identificados pelos seres humanos. Por sua vez, o sistema de rotulagem é uma maneira de ensinar ao modelo, como reconhecer os padrões nos dados. Assim, o modelo será tão bom, quanto os dados que lhes são disponibilizados, ou seja, se os dados estiverem distorcidos, o resultado provavelmente também o será. Em razão disso, é de suma importância que os rótulos sejam precisos, assim como os dados utilizados para alimentar o sistema, sejam representativos, para o fim de evitar vieses indesejados. SCOTT; SHAW, *op. cit.*

¹⁰⁶ RUSSELL; NORVIG, *op. cit.*

¹⁰⁷ *Ibid.*

¹⁰⁸ HEITZINGER, Clemens; WOLTRAN, Stefan. A Short Introduction to Artificial Intelligence: Methods, Success Stories, and Current Limitations. In: WERTHNER, Hannes *et al.* (Orgs.). **Introduction to Digital Humanism**, Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 135–149. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_9. Acesso em: 02 jan. 2024.

A aprendizagem semi-supervisionada pode ser entendida como um modelo híbrido, que utiliza tanto o método supervisionado, quanto o não supervisionado, pois opera com dados rotulados e não rotulados, tendo como objetivo oferecer um resultado mais preciso¹⁰⁹.

E, por fim, no aprendizado por reforço¹¹⁰, os algoritmos aprendem por meio de sinais de recompensa ou de punição. Nesse sentido:

O ramo de aprendizagem por reforço explora uma abordagem computacional para o aprendizado pela interação. Em vez de teorizar sobre como as pessoas aprendem, adota-se a perspectiva de uma pesquisa de IA. Exploram-se situações idealizadas de aprendizagem para se avaliar a efetividade de uma série de métodos, explorando concepções que resolvam problemas com interesse científico ou econômico, avaliando essas concepções por análises matemáticas e experimentos computacionais¹¹¹.

Além dos modelos acima mencionados, fala-se ainda em aprendizado profundo (*deep learning*)¹¹². Trata-se de uma área do *machine learning*, que se utiliza de redes neurais artificiais, ou seja, o design dos algoritmos se assemelha às funções do cérebro humano e no modo com que ele transmite as informações¹¹³. Apesar de ser um subconjunto do *machine learning*, são mais eficientes, tendo em vista que necessita de um maior volume de dados e utiliza múltiplas camadas para representar as abstrações de dados e construir modelos computacionais¹¹⁴. Inclusive, denominação profunda, refere-se às múltiplas camadas utilizadas pelos sistemas:

¹⁰⁹ SARKER, Iqbal H., *Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions*, **SN Computer Science**, v. 2, n. 3, p. 160, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-021-00592-x>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹¹⁰ O primeiro modelo de aprendizagem por reforço foi o jogo de damas criado por Arthur Samuel, que aprendeu jogando contra si mesmo, analisando as recompensas de ganhar e perder. Gerry Tesauro aplicou o mesmo princípio utilizado por Samuel ao jogo de gamão, que após 1.500.000 jogadas, conseguiu chegar ao mesmo nível de jogadores profissionais. O modelo de aprendizagem por reforço também foi utilizado pela DeepMind no AlphaGo e seus sucessores. RUSSELL, *op. cit.* Desde a década de 2010 até a atualidade, o aprendizado por reforço tem proporcionado uma série de marcos na história da inteligência artificial, principalmente no campo de jogos, tendo em vista que algoritmos aprenderam a jogar diversos jogos como Go, xadrez, shogi, entre outros, em um nível sobre-humano. HEITZINGER, WOLTRAN, *op. cit.*

¹¹¹ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. Curitiba: Alteridade, 2019.

¹¹² Os primeiros experimentos com aprendizado de máquina profundo ocorreram entre as décadas de 1950 e 1960, resultando em muita publicidade acerca do tema. No entanto, no final da década de 1960, os pesquisadores começaram a dizer que a tecnologia era pouco confiável e possuía o uso limitado, de forma que o assunto caiu no esquecimento. No entanto, a partir dos anos 2000, em razão da evolução da tecnologia e do aumento nos investimentos, as redes neurais novamente ganharam os holofotes. LEE, *op. cit.* Atualmente, é uma das tecnologias mais populares, pois os programas baseados em métodos de aprendizagem profunda conseguem realizar trabalhos melhor do que os humanos em identificação de rostos, reconhecimento de fala. SARKER, *op. cit.*

¹¹³ Segundo Kevin Scott e Greg Shaw as redes neurais artificiais são vagamente baseadas nas redes neurais biológicas do cérebro humano, possuindo estrutura mais regular e menos complexa. Possuíam até 2018, aproximadamente dez bilhões de parâmetros, quantidade bem abaixo das sinapses do cérebro humano (aproximadamente 100 trilhões). As redes neurais artificiais, apesar de inferiores ao cérebro humano, demandam mais espaço e energia para manter a infraestrutura computacional, isto é, a eficiência energética das redes neurais é inferior a do cérebro humano. SCOTT; SHAW, *op. cit.*

¹¹⁴ SARKER, *op. cit.*

As redes neurais profundas são compostas por camadas de neurônios artificiais, cada um conectado aos neurônios de outras camadas. A quantidade de neurônios em cada camada, a quantidade de camadas e a interligação entre os neurônios é conhecida como a arquitetura da DNN. Cada conexão entre neurônios tem um peso, e esse peso determina quanto sinal flui do neurônio A para o neurônio B quando A é ativado. Assim como ocorre com os neurônios biológicos, essa ativação costuma ser função não linear do input dado pelo neurônio¹¹⁵.

Em outras palavras, no aprendizado profundo, constroem-se várias camadas de software feitas de redes neurais artificiais ou redes neurais profundas (DNNs), de maneira que os dados são inseridos na camada de entrada da rede (*input*) e se tem um resultado na camada de saída¹¹⁶.

Pode-se dizer que o avanço do aprendizado profundo, com resultados promissores, deu-se principalmente em razão da grande quantidade de dados existentes (*big data*); da melhoria da capacidade computacional; da expansão da “computação em nuvem”; e da evolução dos algoritmos¹¹⁷. Essa convergência de elementos propiciou avanços significativos e resultados promissores no desenvolvimento de modelos de *deep learning*.

O *deep learning*, atualmente, uma das abordagens mais proeminentes, caracteriza-se por ser uma tecnologia versátil, aplicável em uma ampla gama de setores para tarefas como reconhecimento, previsão, classificação, tomada de decisões, entre outros¹¹⁸. O aprimoramento constante de modelos eficientes de *deep learning* nos últimos anos tem impulsionado, de maneira notável, o crescimento de uma área específica da inteligência artificial: o processamento de linguagem natural.

O processamento de linguagem natural, centrado no estudo de como as máquinas processam os comandos em linguagem natural, seja escrita ou verbal, representa uma faceta relevante da inteligência artificial moderna¹¹⁹ e seu impacto se estende a diversas tecnologias, incluindo *chatbots*, assistentes de voz, ferramentas de tradução, entre outros. Esse campo utiliza a inteligência artificial para absorver dados do mundo real, integrando-os e interpretando-os de maneira que o computador possa compreendê-los, independentemente da linguagem utilizada, sendo que as aplicações práticas são vastas, abrangendo desde a geração de texto, categorização,

¹¹⁵ SCOTT; SHAW, *op. cit.*

¹¹⁶ LEE; QIUFAN, *op. cit.*

¹¹⁷ KAUFMAN, *op. cit.*

¹¹⁸ LEE; QIUFAN, *op. cit.*

¹¹⁹ KUMAR, Rohit. Natural Language Processing. In: KUMAR, Rohit (Ed.). **Machine Learning and Cognition in Enterprises**, Berkeley, CA: Apress, 2017, p. 65–73.

resumo, tradução automática, correção ortográfica, análise de sentimentos, entre outras funcionalidades¹²⁰.

No âmbito do processamento de linguagem natural é possível identificar a presença de grandes modelos de linguagens (LLMs) que se destacam em treinar extensas quantidades de dados não rotulados por intermédio de aprendizado autossupervisionado¹²¹. O avanço tecnológico dos grandes modelos de linguagens foi impulsionado pelo desenvolvimento do “transformador”¹²², capaz de ser treinado com grandes quantidades de textos, apresentar memória seletiva e mecanismos de atenção, permitindo que esse modelo possa ensinar a si mesmo uma linguagem do zero¹²³. Os grandes modelos de linguagens são, portanto, capazes de processar textos de maneira surpreendente e com resultados indistinguíveis daqueles produzidos por seres humanos, a exemplo do ChatGPT¹²⁴ desenvolvido pela empresa OpenAI¹²⁵

¹²⁶.

¹²⁰ MYERS, Devon *et al.* Foundation and large language models: fundamentals, challenges, opportunities, and social impacts. **Cluster Computing**, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-023-04203-7>. Acesso em: 12 dez. 2023.

¹²¹ O aprendizado autossupervisionado trata-se de uma abordagem mais simples em que a inteligência artificial supervisiona a si mesma, sem a necessidade de nenhuma rotulagem humana, denominada de “transdução de sequência”. Para realizar o treinamento da rede neural de transdução de sequência, “a entrada é simplesmente a sequência de todas as palavras até um ponto; e a saída é simplesmente a sequência de palavras depois desse ponto”. LEE; QIUFAN, *op. cit.*

¹²² O transformador utiliza um mecanismo de autoatenção para modelar o contexto de longa distância sem uma dependência sequencial, permitindo que o modelo capture o contexto de longa distância dentro de cada sequência. A autoatenção, no entanto, é somente um componente do modelo transformador, que também é composto por várias camadas e subcamadas. RUSSELL; NORVIG, *op. cit.*

¹²³ LEE; QIUFAN, *op. cit.*

¹²⁴ O GPT-3 é um sistema computacional desenvolvido para receber entradas e produzir sequências de palavras, códigos ou outros dados. Requer enormes quantidades de dados para que seja possível produzir resultados relevantes. Para tanto, é alimentado com conjunto de dados não rotulado, composto de textos como a Wikipedia e outras fontes. Recentemente o laboratório OpenAI desenvolveu o ChatGPT Plus, baseado na quarta geração do GPT, que aceita fotos como entrada. Ou seja, o ChatGPT atua satisfatoriamente com tarefas de conversão de texto em texto, além da sua principal função como *chatbot*. MYERS, *op. cit.* Além disso, o treinamento do ChatGPT é o aprendizado por reforço com *feedback* humano, em que quatro respostas são utilizadas como modelo de recompensa ao final da etapa de treinamento, isto é, o treinamento visa alinhar o modelo de linguagem às necessidades do usuário, que são essencialmente a honestidade (o modelo de linguagem deve fornecer respostas corretas); a utilidade (as respostas devem ser úteis); o sistema deve ser inofensivo, de maneira a não causar danos aos usuários. HEITZINGER; WOLTRAN, *op. cit.*

¹²⁵ FLORIDI, Luciano. AI as Agency Without Intelligence: on ChatGPT, Large Language Models, and Other Generative Models. **Philosophy & Technology**, v. 36, n. 1, p. 15, s13347-023-00621-y, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-023-00621-y>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹²⁶ A OpenAI é um laboratório de pesquisa de inteligência artificial, fundado em 2015, que tem como objetivo desenvolver uma IA amigável para o fim de beneficiar a humanidade. Em 2020 lançou o GPT-3 (*Generative Pre-trained Transformer*), um modelo de linguagem autorregressivo que utiliza o aprendizado profundo e grande quantidade de dados para produzir textos semelhantes aos escritos por seres humanos. Em sua primeira interação, no ano de 2018 foram utilizados 110 milhões de parâmetros de aprendizagem (valores que uma rede neural tenta otimizar no treinamento). Um ano depois, a segunda geração (GPT-2) utilizou 1,5 bilhão de parâmetros de aprendizagem e em 2020 o GPT-3 usou 175 bilhões de parâmetros. O GPT3 tem a capacidade de escrever textos de excelente qualidade, de maneira automática e autônoma. FLORIDI, Luciano; CHIRIATTI, Massimo. GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences. **Minds and Machines**, v. 30, n. 4, p. 681–694, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-020-09548-1>. Acesso em: 28 nov. 2023.

Esses modelos ao utilizarem técnicas avançadas, contribuem para avanços substanciais no processamento de linguagem natural, revelando um potencial inexplorado no entendimento e geração de linguagem por sistemas computacionais.

2.2.2. Particularidades do Big Data

Como visto, a inteligência artificial depende fundamentalmente de dados como elemento vital para o seu desempenho eficaz. Nesse cenário o *big data* emerge como alicerce essencial, elevando as capacidades da inteligência artificial a patamares inimagináveis.

A transição do fluxo de informação do papel para as mídias digitais começou a se consolidar a partir da década de 1960, com o desenvolvimento e popularização das máquinas computadorizadas, o que estimulou o desenvolvimento da análise de dados por meio de computadores¹²⁷. Esse processo promoveu uma mudança fundamental na maneira como os dados eram tratados, migrando de uma forma material e física para a abstração do sistema binário de dígitos (1 e 0), desmaterializando dessa maneira a informação e aumentando exponencialmente a quantidade de informações processadas¹²⁸.

Contudo, a transformação mais impactante que impulsionou a explosão de dados e deu origem ao conceito de *big data* foi a expansão da internet. A virtualização da informação promovida pela internet propiciou a disseminação massiva de dados, redefinindo radicalmente a forma como as informações¹²⁹ eram acessadas, compartilhadas e armazenadas.

À medida que o tempo avançou, outras tecnologias e dispositivos conectados, como sensores e dispositivos IoT (Internet das Coisas), passaram a contribuir significativamente para a vasta quantidade de dados disponíveis¹³⁰. Essa interconexão de dispositivos criou um ambiente

¹²⁷ LINDOSO, Maria Cristine Branco. **Discriminação de gênero no tratamento automatizado de dados pessoais**: como a automatização incorpora vieses de gênero e perpetua a discriminação de mulheres. Rio de Janeiro: Processo, 2021.

¹²⁸ BIONI, Bruno Ricardo. **Proteção de Dados Pessoais**: a função e os limites do consentimento. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Forense, 2021. *E-book*.

¹²⁹ Vale destacar que dados e informações são conceitos que não se equivalem. Dados são os fatos brutos, que após serem processados e organizados, transformam-se em algo inteligível, podendo-se extrair deles uma informação. Desse modo, a dinâmica de um banco de dados envolve a entrada (*input*) e o processamento de dados, e a consequente saída (*output*) de informações. O banco de dados, portanto, deve estar ligado à ideia de sistema de informação, que se inicia com a coleta de dados brutos, passando pela extração de informações e ao final agregará conhecimento. Por esse motivo os bancos de dados não podem ser considerados apenas um agrupamento de dados, mas uma ferramenta que possui interface capaz de analisar e descobrir informações para a tomada de decisões. *Ibdi*.

¹³⁰ Pode-se mencionar três tipos principais de fontes de dados do *big data*: (i) fontes de informação de origem humana, as quais incluem dados recebidos de mídias sociais, blogs, motores de busca como o Google, dados e conteúdo de *smartphones*, entre outros; (ii) fontes mediadas por processos que consistem em dados gerados por órgãos e instituições públicas, bem como aqueles produzidos pelo setor privado, como as transações comerciais;

propício para a geração contínua de informações, alimentando ainda mais o ecossistema do *big data*.

Apesar de sua importância inegável, a definição precisa de *big data* ainda carece de consenso. O termo é frequentemente utilizado para se referir a conjuntos de dados volumosos que desafiam as capacidades de processamento e análise convencionais. Essa ambiguidade destaca a complexidade e a constante evolução do conceito de *big data* no contexto da rápida transformação tecnológica.

Hoffmann-Riem refere-se ao *big data* como sendo “situações em que as tecnologias digitais são utilizadas para lidar com grandes e diversas quantidades de dados e às várias possibilidades de combinação, avaliação e processamento desses dados por autoridades privadas e públicas em diferentes contextos”¹³¹. O termo é utilizado, portanto, para identificar grandes conjuntos de dados, que podem ser estruturados ou não estruturados¹³², os quais não são possíveis de armazenar e processar utilizando ferramentas de softwares convencionais¹³³.

Comumente o *big data* é associado às características dos três “Vs”. O primeiro “V” se refere ao volume¹³⁴, que diz respeito ao tamanho dos dados, de modo que sua importância está relacionada ao grande crescimento de conteúdo processável¹³⁵. O segundo “V” é a velocidade concernente na capacidade e rapidez com que os dados são acessados, processados e

(iii) fontes geradas por máquinas, que consistem nos dados obtidos por meio de sensores fixos, como web câmeras e sensores meteorológicos, dados de sensores móveis, para fins de rastreamento ou análise, e dados relativos aos sistemas de computador. SCANNAPIECO, Monica; BERTI, Laure. Quality of Web Data and Quality of Big Data: Open Problems, *In*: BATINI, Carlo; SCANNAPIECO, Monica (Eds.). **Data and Information Quality**, Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 421–449. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24106-7_14. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹³¹ WOLFGANG, *op. cit*, p. 37.

¹³² Dados estruturados são aqueles que possuem tamanhos definidos em seu desenvolvimento e utilizado em bancos de dados relacionais. Por sua vez, os dados não estruturados são os que podem variar em formato e tamanho, como por exemplo, aqueles relacionados a imagens. SANTOS, Roger Robson dos *et al.* **Fundamentos de big data**. Porto Alegre: Sagah, 2021. Vale destacar ainda que os dados podem ser semiestruturados, ou seja, dados não organizados, mais difíceis de analisar e armazenar que os dados estruturados. AMALINA, Fairuz *et al.* Blending big data analytics: review on challenges and a recent study. **IEEE Access**, v. 8, p. 3629–3645, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8737669>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹³³ SCANNAPIECO, Monica; BERTI, Laure. Quality of Web Data and Quality of Big Data: Open Problems, *In*: BATINI, Carlo; SCANNAPIECO, Monica (Eds.). **Data and Information Quality**, Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 421–449. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24106-7_14. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹³⁴ A principal ferramenta utilizada para armazenar e processar com eficiência o grande volume de dados do *big data* é o Hadoop, consistente em uma plataforma de armazenamento e análise de dados distribuídos de código aberto, a qual pode ser utilizada em grandes *clusters* de servidores. CLANCY, Thomas R. *et al.* (Orgs.). **Big data-enabled nursing: education, research and practice**. Cham: Springer, 2017. Ou seja, é um ecossistema “que propõe soluções eficientes em múltiplas arquiteturas, com integridade dos dados, alta disponibilidade dos nós (servidores em *cluster*), processamento rápido em grande quantidade de dados, entre diversas outras vantagens”. SANTOS, *op. cit*, p. 34.

¹³⁵ LINDOSO, *op. cit*.

analisados¹³⁶. Importante destacar que a velocidade desempenha um papel importante no *streaming* de dados em tempo real, em que dados são gerados por meio de transações *on-line*, mídias sociais, visualização de mapas, entre outros¹³⁷. O terceiro “V”, por sua vez, diz respeito à variedade que consiste na heterogeneidade tanto da aquisição, quanto de representação e interpretação dos dados¹³⁸. A variedade de dados, como números, imagens, entre outros, permite que se agregue mais valor ao conteúdo produzido, tendo em vista a possibilidade de criação de novos dados resultantes da fusão dos dados coletados de maneiras distintas¹³⁹.

Alguns pesquisadores acrescentam, ainda, dois “Vs” às características do *big data*, ou seja, a veracidade relacionada à consistência e garantia de qualidade dos dados, e o valor, destacando o uso do *big data* como objeto de novos modelos de negócios e atividades que geram valor agregado¹⁴⁰.

Outro conceito relevante é o *big data analytics* envolvendo o processo de introspecção de dados com a finalidade de descobrir padrões ocultos, relacionamentos significativos e associações¹⁴¹. A *analytics* representa, dessa forma, “um método de extração e criação de informações a partir de dados brutos, filtrando, processando, categorizando, condensando e contextualizando tais dados”¹⁴². Esse processo permite observar, por exemplo, correlações desconhecidas, tendências de mercado e preferências de clientes, destacando a capacidade do *big data* em oferecer *insights* estratégicos para diversas áreas e setores.

O *big data analytics*, comumente, visa responder a três perguntas que explicam basicamente o que ocorreu no passado, o que está acontecendo no presente e o que poderá ocorrer no futuro. Dentro das correlações possíveis, destaca-se a análise descritiva, que resume dados para verificar o que está ocorrendo agora ou o que ocorreu no passado¹⁴³. Outra correlação é a análise preditiva, que, baseada em dados históricos, visa prever a possibilidade de algo acontecer no futuro, requerendo modelos treinados com qualidade e grande volume de dados para resultados mais assertivos¹⁴⁴.

¹³⁶ RAMANNAVAR, Manjula; SIDNAL, Nandini S. Big data and analytics: a journey through basic concepts to research issues. In: SURESH, L. Padma; PANIGRAHI, Bijaya Ketan (Orgs.). **Proceedings of the International Conference on Soft Computing Systems**, New Delhi: Springer India, 2016, v. 398, p. 291–306. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2674-1_29. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹³⁷ AMALINA, *op. cit.*

¹³⁸ SCANNAPIECO; BERTI, *op. cit.*

¹³⁹ LINDOSO, *op. cit.*

¹⁴⁰ WOLFGANG, *op. cit.*

¹⁴¹ RAMANNAVAR; SIDNAL, *op. cit.*

¹⁴² PADILHA, Juliana *et al.* **Analytics para Big Data**. Porto Alegre, RS: Sagah, 2022, p. 16. *E-book*.

¹⁴³ RAMANNAVAR; SIDNAL, *op. cit.*

¹⁴⁴ PADILHA, *op. cit.*

Adicionalmente, há a análise prescritiva, que não apenas olha para o futuro, mas também sugere implicações de cada opção de decisão¹⁴⁵. A análise de diagnóstico aprofunda-se nas medidas obtidas na análise descritiva para responder eventuais questionamentos¹⁴⁶.

Além do *big data analytics*, pode-se falar também em *data mining* (mineração de dados) que emprega mecanismos técnicos para transcrever desejos e intenções humanas em fórmulas matemáticas, para que um *software* consiga interpretar determinado conjunto de dados¹⁴⁷. A mineração de dados utiliza estatística, inteligência artificial, máquina de estado e banco de dados para viabilizar a construção de seu modelo¹⁴⁸.

As etapas do processo de *data mining* resumem-se em escolha do algoritmo; aplicação do algoritmo a um conjunto de dados específicos; e síntese dos resultados, com a utilização de ferramentas de apoio à decisão e mineração, iterando o processo¹⁴⁹.

A interseção entre *big data* e *analytics* oferece uma visão profunda e estratégica, não apenas do presente e passado, mas também do futuro, impulsionando novos modelos de negócios e atividades de alto valor agregado em diversos setores. O emprego de técnicas como análise preditiva, prescritiva e de diagnóstico destaca a capacidade abrangente dessas abordagens, enquanto a mineração de dados emerge como uma ferramenta essencial, traduzindo intenções humanas em *insights* valiosos. O processo iterativo e evolutivo dessas práticas promove uma compreensão contínua e refinada dos dados, fortalecendo a tomada de decisões informadas no panorama atual da transformação digital.

Como destaca Martha Gabriel, o *big data* e as tecnologias a ele atreladas trazem transformações significativas ao ambiente informacional, dentre elas:

[...] a) possibilidade de parametrização da informação, permitindo analisar qualquer tipo de informação digital em tempo real, inclusive dados não estruturados (como posts no Facebook, tweets etc.) e comportamentos associados a contextos (semântica⁸); b) necessidade de mediação tecnológica para filtrar e obter valor da gigantesca massa de dados contínua; c) necessidade de ampliar as capacidades globais de armazenamento e tratamento de dados; d) diluição da atenção das pessoas (economia da atenção)¹⁵⁰.

¹⁴⁵ RAMANNAVAR; SIDNAL, *op. cit.*

¹⁴⁶ PADILHA, *op. cit.*

¹⁴⁷ LINDOSO, *op. cit.*

¹⁴⁸ MORAIS, Izabelly Soares de *et al.* **Introdução a big data e internet das coisas (IoT)**. Porto Alegre: Sagah, 2018. *E-book*.

¹⁴⁹ MORAIS, Izabelly Soares de *et al.* **Introdução a big data e internet das coisas (IoT)**. Porto Alegre: Sagah, 2018. *E-book*.

¹⁵⁰ GABRIEL, Martha. **Você, Eu e os Robôs: como se transformar no profissional digital do futuro**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2022. *E-book*.

Esse novo panorama da transformação digital está redefinindo não apenas a forma como a sociedade lida com a informação, mas impondo desafios e oportunidades inéditos. Como foi possível observar, está-se adentrando e uma nova era em que a colaboração entre inteligência artificial e *big data* além de reconfigurar o tecido da sociedade digital, também está inaugurando novas fronteiras de inovação e compreensão.

2.2.3. Análise da Internet das Coisas

A era digital está sendo moldada por uma transformação exponencial impulsionada pela onipresença de dispositivos inteligentes interconectados. Nesse cenário, um conceito fundamental emerge como pilar dessa revolução tecnológica: a Internet das Coisas (IoT). Esse termo representa a espinha dorsal que transcende os limites tradicionais da conectividade, expandindo-se para abranger não apenas dispositivos físicos, mas também uma rede abrangente que engloba pessoas, processos e dados.

A era atual aprimorou o conceito de internet, para Internet das Coisas. Trata-se de uma técnica que combina recursos já existentes da internet, permitindo que se obtenha maior controle sobre determinados dispositivos. O conceito de dispositivos conectados surgiu pela primeira no início da década de 1990, proposto no Massachusetts Institute of Technology (MIT)¹⁵¹. No entanto, o termo “Internet das Coisas” somente foi cunhado em 1999, por Kevin Ashton, cofundados do Auto-ID Center no MIT, quando estava estudando a possibilidade de utilizar a tecnologia RFID¹⁵² para auxiliar a gerenciar a cadeia de suprimentos na empresa P&G¹⁵³.

A Internet das Coisas, comumente é conceituada como um superconjunto de dispositivos de conexão que são identificáveis por meio de técnicas de comunicação de campo

¹⁵¹ KHANNA, Abhishek; KAUR, Sanmeet. Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review. **Wireless Personal Communications**, v. 114, n. 2, p. 1687–1762, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-020-07446-4#Sec6>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁵² Segundo Greengard, os pesquisadores já viam a tecnologia RFID como uma precursora para a Internet das Coisas, juntamente com as tecnologias de comunicação de campo próximo como os códigos de barras, códigos QR e marca d’água digital. Vale destacar que o RFID faz a ponte entre o mundo real e o virtual ao anexar uma etiqueta a um objeto. GREENGARD, Samuel. **The internet of things**. Cambridge: MIT Press, 2015. *E-book*. O sistema RFID possui um ou mais leitores e etiquetas RFID, sendo que essas etiquetas possuem um endereço específico e são aplicadas em objetos, bem como usam campos eletromagnéticos de radiofrequência com o objetivo de transmitir dados associados a esses objetos. Esse sistema permite monitorar objetos em tempo real, sem a necessidade de estar no campo de visão. KHANNA, Abhishek; KAUR, Sanmeet. Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review. **Wireless Personal Communications**, v. 114, n. 2, p. 1687–1762, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-020-07446-4#Sec6>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁵³ GREENGARD, *op. cit.*

próximo¹⁵⁴. Eduardo Magrani define IoT como “um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um ecossistema de computação onipresente (ubíqua), voltado para a facilitação do cotidiano das pessoas, introduzindo soluções funcionais nos processos do dia a dia”¹⁵⁵. Por sua vez, segundo o Plano Nacional de Internet das Coisas, a referida tecnologia pode ser entendida como “a infraestrutura que integra a prestação de serviços de valor adicionado com capacidades de conexão física ou virtual de coisas com dispositivos baseados em tecnologias da informação e comunicação existentes e nas suas evoluções, com interoperabilidade”¹⁵⁶.

Dentre as ferramentas utilizadas pela tecnologia IoT, pode-se mencionar a RFID, que se baseia em microchips que coletam dados de sensores embutidos e os enviam para computadores¹⁵⁷. Os sensores são, portanto, ferramentas de grande importância, tendo em vista que é a partir deles que se realiza a coleta de dados do mundo físico. Outra tecnologia importante é a comunicação sem fio, como o *bluetooth*, tendo em vista que se deve possibilitar a comunicação entre os dispositivos e entre eles e outros sistemas¹⁵⁸. Além disso, a computação em nuvem também desempenha papel importante, pois oferece uma solução econômica para gerenciar as grandes quantidades de dados armazenados¹⁵⁹.

A tecnologia IoT possibilita rastrear e controlar eletronicamente “coisas”, possibilitando a integração de ativos físicos com o mundo virtual por meio de sensores e atuadores¹⁶⁰. Nesse sentido, possui, basicamente, três capacidades centrais: a) possibilita que dados abundantes se combinem com análises inteligentes, oferecendo novas fontes de dados contextuais, o que auxilia empresas e indivíduos a preverem desempenho e eventuais impactos das tomadas de decisões; b) permitem o aprimoramento da eficiência e da produtividade; c) proporciona a criação de objetos inteligentes e interativos¹⁶¹. Isto é, a referida tecnologia

¹⁵⁴ LI, Shancang; XU, Li Da; ZHAO, Shanshan. The internet of things: a survey. **Information Systems Frontiers**, v. 17, n. 2, p. 243–259, 2015.

¹⁵⁵ MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018. *E-book*.

¹⁵⁶ BRASIL. **Decreto n. 9.854, de 25 de junho de 2019**. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁵⁷ GREENGARD, *op. cit.*

¹⁵⁸ THAKUR, Divyansh; SAINI, Jaspal Kaur; SRINIVASAN, Srikant. DeepThink IoT: The Strength of Deep Learning in Internet of Things. **Artificial Intelligence Review**, v. 56, n. 12, p. 14663–14730, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-023-10513-4>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁵⁹ *Ibid.*

¹⁶⁰ ALABADI, Montdher; HABBAL, Adib; WEI, Xian. Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions. **IEEE Access**, v. 10, p. 66374–66400, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9802088>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁶¹ SCHWAB; DAVIS, *op. cit.*

possibilita que todos os dias objetos ou coisas se conectem à internet, com capacidade de interagir e de compartilhar, processar e armazenar dados¹⁶².

A Internet das Coisas está, portanto, dando início a um novo padrão entre pessoas e objetos, trazendo novas possibilidades a diversos setores da sociedade, como saúde, moradia, transporte, energia, construções, entre outros. Na lição de Hoffmann-Riem¹⁶³, a referida tecnologia está criando um ambiente inteligente em que tudo se comunica com tudo:

A conexão cada vez mais digitalizada entre pessoas, processos, dados e coisas tornou-se até motivo para se falar da *Internet of Everything* – termo usado para descrever um ambiente em que tudo se comunica com tudo ou mais. A onipresença de um ambiente digitalizado que pensa junto e à frente para as pessoas também é referida como “inteligência ambiental” (*Ambient Intelligence*). As telecomunicações digitalizadas são atualmente muito mais do que um meio de troca de comunicação. É uma infraestrutura básica quase onipresente que pode e será utilizada para os mais diversos fins.

Além disso, outros termos adicionais como “Internet Industrial”, a “Internet dos Humanos (IoH)” e a “Internet de Todas as Coisas (IoE)” também são explorados no contexto da IoT, representando diversas facetas dessa revolução tecnológica. Na Internet Industrial¹⁶⁴ as máquinas são equipadas com sensores, para o fim de torná-las inteligentes¹⁶⁵. Trata-se de uma tecnologia que está sendo moldada por meio da digitalização, das redes sem fios e de sensores automatizados, aprimorando os processos de produção¹⁶⁶. Por sua vez, a Internet dos Humanos permite que máquinas se conectem com pessoas, por intermédio de dispositivos, como por exemplo, através de dispositivos vestíveis denominados *wearables*. E, por fim, a Internet de Todas as Coisas representa um estado mais evoluído, em que os mundos físico e virtual estão misturados em um único espaço¹⁶⁷.

Nota-se que a tecnologia IoT e suas vertentes têm o condão de fazer grandes mudanças no estilo de vida das pessoas. Isto é, os dispositivos conectados prometem preencher a lacuna entre o mundo real e o virtual, propiciando melhorias no modo de vida dos indivíduos, na sociedade e nas empresas, com a construção de cidades inteligentes, fabricação de automóveis conectados, disponibilização de tecnologias vestíveis, melhorias no desempenho do varejo inteligente e da saúde digital, entre outros.

¹⁶² MAGRANI, *op. cit.*

¹⁶³ HOFFMANN-RIEM, *op. cit.*

¹⁶⁴ Dentro da Internet Industrial, geralmente a comunicação ocorre de três formas. A primeira é entre máquinas (M2M), a segundo é entre homem e máquina (H2M) e a terceira entre máquina e smartphone ou outros dispositivos, como por exemplo o tablet (M2S). GREENGARD, *op. cit.*

¹⁶⁵ GREENGARD, *op. cit.*

¹⁶⁶ ALABADI; HABBAL; WEI, *op.cit.*

¹⁶⁷ GREENGARD, *op. cit.*

2.2.4. Gêmeos digitais: a sincronicidade do virtual e do real

O conceito inicial de gêmeos digitais remonta à década de 1960, quando a NASA passou a utilizar ideias básicas de geminação para os seus programas espaciais¹⁶⁸. Contudo, apenas cerca de 40 anos depois, os pesquisadores começaram a explorar esse conceito de maneira mais aprofundada. O primeiro conceito de gêmeos digitais foi apresentado por Michael W. Grieves em uma conferência da Sociedade de Engenharia de Manufaturas, na Universidade de Michigan no ano de 2002, para descrever o “*Product lifecycle management – PLM*”, que continha três componentes principais, ou seja, o espaço físico e seus produtos, o espaço virtual e seus produtos e a conexão entre os dois espaços¹⁶⁹. De acordo com Grieves, inicialmente o modelo de gêmeos digitais sequer possuía nome, era denominado simplesmente “*Ideal Conceitual for PLM*”. O modelo somente foi nomeado em 2005, no artigo “*Product lifecycle management: the new paradigma for enterprises*” como “*Mirrored spaces model - MSM*”, isto é, modelo de espaços espelhados que é a “capacidade de acessar a representação virtual de um item e saber que ela reflete substancialmente o estado do objeto do mundo real”¹⁷⁰.

Glaessgen e Stargel ao abordar a necessidade da NASA e da Força Aérea dos EUA de utilizar novas tecnologias para o fim de projetar as futuras gerações de veículos espaciais, conceituam gêmeo digital como a “simulação probalística multifísica, multiescala e integrada” de um objeto ou sistema construído no mundo físico, que se utiliza de modelos físicos disponíveis, atualizações de sensores, entre outros, para espelhar no mundo virtual o seu gêmeo¹⁷¹. Por sua vez, El Saddik *et. al.* conceituam gêmeo digital como “uma silhueta digital em evolução de estados e comportamentos históricos e atuais de entidades, vivas (humanos, animais) e não vivas (processos, máquinas, etc.) que ajuda na modelagem e simulações de cenários hipotéticos sem afetar seu gêmeo digital”¹⁷².

Embora o conceito de gêmeos digitais date de 2005, os componentes utilizados continuam sendo os mesmos, quais sejam: o espaço físico ou real, o espaço virtual e a conexão

¹⁶⁸ NGUYEN, Huan X. *et al.* Digital Twin for 5G and Beyond. **IEEE Communications Magazine**, v. 59, n. 2, p. 10–15, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9374645>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁶⁹ GRIEVES, Michael W. Digital Twins: Past, Present, and Future. *In.*: CRESPI, Noel; DROBOT, Adam T.; MINERVA, Roberto (Orgs.). **The Digital Twin**. Cham: Springer International Publishing, 2023, p. 97–121. *E-book*.

¹⁷⁰ *Ibid.*

¹⁷¹ GLAESSGEN, E. H.; STARGEL, D. S. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. **Structural Dynamics and Materials Conference**, 2012, p. 07. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20120008178/downloads/20120008178.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁷² EL SADDIK, Abdulmotaleb; LAAMARTI, Fedwa; ALJA'AFREH, Mohammad. The Potential of Digital Twins. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 24, n. 3, p. 36–41, 2021.

entre esses espaços. Grieves alerta que para haver aproveitamento máximo dos espaços virtuais, deve haver conexão bidirecional entre os espaços físico e virtual para maximizar o aproveitamento dos espaços virtuais. Destaca, igualmente, que os dados devem ser coletados e transmitidos do espaço real para o virtual, enquanto as informações e os processos devem ser organizados e utilizados no espaço real¹⁷³. Não se exige, ainda, que a coisa física real exista antes da criação de sua contraparte virtual, isto é, o principal diferencial para saber se um modelo digital e as informações associadas são um gêmeo digital, é que esse modelo se torne um produto físico, sendo que a contraparte virtual deverá cobrir todo o ciclo de vida de seu alvo físico¹⁷⁴. O ideal do gêmeo digital é a criação de um produto virtualmente, para que possa ser testado e, posteriormente, fabricado, possibilitando suporte virtual ao produto físico.

Os gêmeos digitais são baseados em mediações de dados massivas¹⁷⁵ das contrapartes físicas, em tempo real e em múltiplas dimensões, que criam um perfil em constante evolução do gêmeo real no mundo digital, fornecendo informações acerca do comportamento e desempenho, assim como tornando as interações entre o espaço físico e o virtual mais perfeitas¹⁷⁶.

Inicialmente aplicados na indústria automotiva e espacial, os gêmeos digitais agora permeiam diversos setores, como energia, transportes, saúde, cidades inteligentes, indústria farmacêutica, entre outros, consolidando-se como uma importante tendência tecnológica. Esse fenômeno reflete a capacidade transformadora dos gêmeos digitais, proporcionando melhorias significativas em eficiência operacional, manutenção preditiva e inovação em produtos e serviços.

2.2.5. Avatar: a representação digital do usuário no metaverso

¹⁷³ GRIEVES, *op. cit.*

¹⁷⁴ GRIEVES, *op. cit.*

¹⁷⁵ Os gêmeos digitais dependem da convergência de cinco tecnologias, dentre elas a tecnologia de *big data*, ou seja, é necessária a coleta de grande quantidade de dados provenientes predominantemente da Internet das Coisas (através de sensores rígidos conectados) e das Mídias Sociais. Os sensores rígidos podem ser *wearables*, dispositivos sensoriais pessoais, sensores ambientais. Já os sensores soft, baseados em software, são responsáveis pela coleta de dados das mídias sociais. Vale destacar igualmente que esses dados coletados devem ser protegidos com a utilização da segurança cibernética e, posteriormente, submetidos a algoritmos de inteligência artificial para possibilitar a extração de informações acerca do gêmeo real. Além disso, as interações multimodais permitem unir os gêmeos digitais e reais em uma influência recíproca e contínua, possibilitando a melhoria da qualidade de vida do gêmeo real, sendo que essa interação ocorre em redes de alto desempenho, garantindo comunicações baseadas em qualidade de experiência. EL SADDIK; LAAMARTI; ALJA'AFREH, *op. cit.*

¹⁷⁶ *Ibid.*

Como será estudado adiante, o metaverso promete um mundo 3D, em que o virtual e a realidade estão interligados. Além das tecnologias já mencionadas, para que exista interação no metaverso é fundamental a presença de avatares, tendo em vista que desempenham papel importante na experiência do usuário, permitindo a comunicação, a expressão e a identificação desses usuários no espaço virtual.

O avatar¹⁷⁷, termo derivado do sânscrito que significa “encarnação de uma divindade”¹⁷⁸ é um componente chave que distingue o metaverso das plataformas digitais anteriores. Diferentemente dos mundos virtuais pré-existentes, em que os usuários eram identificados por seus IDs, nomes de usuários e imagem, no metaverso, a representação digital se dá por avatares 3D¹⁷⁹. Estes são criados a partir de modelos tridimensionais e permitem que os usuários se projetem em ambientes virtuais interagindo com outros avatares em tempo real¹⁸⁰.

Os avatares são, portanto, “representações digitais” dos usuários, os quais interagem com outros avatares e com o ambiente virtual do metaverso, permitindo tanto a presença virtual, quanto a construção de identidades virtuais¹⁸¹. Em outras palavras, “são uma espécie de segunda vida virtual” e podem ser considerados o “nó de ligação entre o mundo real e o metaverso”¹⁸². Nas palavras de Mark van Rijmenam o avatar é “uma representação visual de uma identidade – a representação de uma pessoa real em um mundo virtual ou de um usuário digital inexistente,

¹⁷⁷ O primeiro avatar do mundo foi utilizado no primeiro jogo FPS entre universidade, ao passo que a primeira representação visual de um personagem digital, foi utilizado na década de 1970, no jogo multiplayer MazeWar, criado por três funcionários da NASA. RIJMENAM, Mark Van. **Entre no metaverso**: como a internet imersiva destravará uma economia social de trilhões de dólares. Rio de Janeiro: Alta Books, 2022. *E-book*. O primeiro jogo *on-line* a utilizar o termo sânscrito “avatar” foi o Habitat, em 1986. Lançado pela produtora Lucasfilme, o jogo era descrito como um ambiente virtual que comportava diversos participantes e permitia que os jogadores vissem tanto os ambientes, quanto os personagens virtuais em 2D. O termo “avatar” era traduzido como “o descendente de uma divindade do céu” para definir o corpo virtual dos usuários. BALL, Matthew. **A revolução do Metaverso**: como o mundo virtual mudará para sempre a realidade. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2023. *E-book*.

¹⁷⁸ PARK, Hyanghee; AHN, Daehwan; LEE, Joonhwan. Towards a metaverse workspace: opportunities, challenges, and design implications. *In: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Hamburg Germany: ACM, 2023, p. 1–20. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3544548.3581306>. Acesso em: 10 jan. 2024.

¹⁷⁹ KIM, Do Yuon; LEE, Ha Kyung; CHUNG, Kyunghwa. Avatar-mediated experience in the metaverse: the impact of avatar realism on user-avatar relationship. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 73, p. 103382, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969698923001297>. Acesso em: 13 maio 2024.

¹⁸⁰ BOGOSSIAN, Tricia. Metaverse: Telepresence in 3D Virtual Digital Worlds through the use of Avatars. **Journal of Medical & Clinical Nursing**, v. 4, n. 5, p. 1–4, 2023. Disponível em: <https://www.onlinescientificresearch.com/articles/metaverse-telepresence-in-3d-virtual-digital-worlds-through-the-use-of-avatars.pdf>. Acesso em: 13 maio 2024.

¹⁸¹ URZEDO, J. P. **Metaverso**: explorando o futuro digital. s.l.: Publicação independente, 2023. *E-book*. UZUN, Mehmet Metin. Metaverse Governance. *In: ESEN, Fatih Sinan; TINMAZ, Hasan; SINGH, Madhusudan (Orgs.). Metaverse*. Singapore: Springer Nature, 2023, v. 133, p. 231–244. *E-book*.

¹⁸² MORO VISCONTI, R. From physical reality to the Metaverse: a Multilayer Network Valuation. **Journal of Metaverse**, v. 2, n. 1, p. 16–22, 2022. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jmv/issue/67967/1071950>. Acesso em: 10 jan. 2024.

um agente digital, também conhecido como *personagem não jogável* (NPC), controlado por um computador em vez de uma pessoa¹⁸³.

Avatares podem ser genéricos, ou seja, predefinidos, ou personalizados, flexíveis e adaptáveis às preferências de cada usuário¹⁸⁴. Quando inseridos no metaverso, os avatares podem, portanto, ser personalizados, incorporando características do corpo humano, bem como da personalidade dos usuários, possibilitando que se expressem no mundo virtual de maneira única. Essas características, quando incorporadas, conferem ao avatar um realismo que segundo Kim *et. al.*, pode ser categorizado em: (i) realismo visual, baseado na aparência e no comportamento humano; (ii) realismo comportamental que possui duas dimensões, a conformidade cinética consubstanciada no nível de movimento dinâmico que se assemelha ao movimento esperado, e a adequação social referente ao grau em que o avatar responde de modo que esteja conforme as normas sociais¹⁸⁵. Assim, quanto maior o realismo do avatar, maior a ilusão de corporeidade¹⁸⁶.

O realismo de um avatar, assim como de qualquer outro ativo digital, é determinado pelo número de polígonos: quanto maior a quantidade, mais realista será a representação¹⁸⁷. Pesquisadores já estudam maneiras de incorporar ao avatar virtual a aparência ou as proporções faciais dos usuários, assim como as expressões faciais habituais¹⁸⁸.

No entanto, avatares hiper-realistas ainda são exceção nas plataformas, tendo em vista que além de ser necessário grande poder computacional para disponibilizá-los, o custo do desenvolvimento ainda é alto¹⁸⁹. Ainda assim, o realismo do avatar é característica importante, pois tende a melhorar a qualidade da interação virtual: quanto maior a semelhança, mais

¹⁸³ RIJMENAM, *op. cit.*, p. 41.

¹⁸⁴ CASTAGNA, Carina; DEMIR, Sercan; WEINMANN, Markus. Dehumanized Avatars: Unethical Behavior in the Metaverse. *In.*: **2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)**. Opatija, Croatia: IEEE, 2023, p. 45–49. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10159785/>. Acesso em: 13 maio 2024.

¹⁸⁵ KIM; LEE; CHUNG, *op. cit.*

¹⁸⁶ RUCO, Alexandre. The Fourth Illusion: How a New Economy of Consumption Is Being Created in the Metaverse. *In.*: LAI, P.C. (Org.). **Advances in Web Technologies and Engineering**. Pensilvânia: IGI Global, 2023, p. 48–58. *E-book*.

¹⁸⁷ RIJMENAM, *op. cit.*

¹⁸⁸ Muitas plataformas ainda utilizam avatares com baixo número de polígonos, com o objetivo de reduzir o poder computacional, permitindo que os usuários utilizem o metaverso a partir de qualquer dispositivo, como *smartphone*, *tablet* ou computador, tendo em vista que avatares mais simples facilitam a interação no jogo ou no ambiente virtual. RIJMENAM, *op. cit.* No entanto, verifica-se que empresas como a Meta estão desenvolvendo avatares super-realistas para seus metaversos. Mark Zuckerberg concedeu uma entrevista aos podcast de Lex Fridman, utilizando um avatar fotorrealista, criado a partir do uso do Codec Avatars, tecnologia de captura visual e de movimentos desenvolvida pela empresa, para criar representações fíeis das pessoas no ambiente virtual. Por enquanto, o foco da ferramenta é a captura facial. DEMARTINI, Felipe. Mark Zuckerberg mostra avatar super-realista no metaverso. **Canaltech**, 2023. Disponível em: https://canaltech.com.br/rv-ra/mark-zuckerberg-mostra-avatar-super-realista-no-metaverso-265255/#google_vignette. Acesso em: 10 jan. 2024.

¹⁸⁹ RIJMENAM, *op. cit.*

imersiva será a experiência¹⁹⁰. A possibilidade de personalização¹⁹¹ também desempenha papel de grande relevância na experiência do metaverso, permitindo aos participantes se expressarem de maneira única no ambiente virtual, representando suas identidades de maneira mais autêntica e favorecendo a expressão da identidade de gênero e racial¹⁹². Como já mencionado, o avatar representa a identidade dos usuários no ambiente digital, determinando quem e como serão no metaverso¹⁹³.

Os avatares, portanto, são peças-chave na construção de comunidades e na formação de identidades dentro do metaverso. Além de permitirem a interação entre os participantes, facilitam a criação de laços sociais e colaborativos. Por exemplo, como será analisado adiante, em ambientes de trabalho no metaverso, os avatares podem ser utilizados para simular reuniões presenciais, promovendo uma sensação de proximidade e colaboração entre colegas.

À medida que o metaverso se desenvolve, os avatares desempenharão um papel cada vez mais um papel significativo na maneira como os usuários interagem e se relacionam, moldando a experiência individual, a cultura e a sociedade virtual como um todo.

Vale mencionar que os avatares não se restringem a representar humanos reais. Eles podem igualmente representar entidades e empresas que só existem no meio digital, e quando dotados de recursos avançados de inteligência artificial, se comunicam como pessoas reais¹⁹⁴. Os avatares de IA “representam um potencial canal de comunicação entre humanos e entidades virtuais no mundo físico e no metaverso”¹⁹⁵. Segundo Purdy, o progresso nos sistemas de IA conversacional (processamento de linguagem natural) já está possibilitando a criação de “humanos digitais” capazes de trabalhar em uma enorme variedade de campos e funções diferentes, além de serem realistas e emocionalmente responsivos¹⁹⁶.

Os avatares são, dessa maneira, a chave para uma experiência imersiva e personalidade no metaverso, moldando a forma de conexão e expressão dos usuários, bem como

¹⁹⁰ PARK, Sung; KIM, Si Pyoung; WHANG, Mincheol. Individual’s Social Perception of Virtual Avatars Embodied with Their Habitual Facial Expressions and Facial Appearance. *Sensors*, v. 21, n. 17, p. 5986, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/17/5986>. Acesso em: 14 maio 2024.

¹⁹¹ Pesquisas que utilizam o modelo OCEAN ou “os Cinco Grandes” traços de personalidade, têm demonstrado que a aparência do avatar, como o uso de roupas e tons de peles compatíveis com a autopercepção dos seus usuários, é importante para aumentar a ilusão de propriedade e sensação de presença dos usuários. MASELLI, Antonella; SLATER, Mel, The building blocks of the full body ownership illusion, *Frontiers*, v. 7, 2013. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2013.00083/full>. Acesso em: 10 jan. 2024.

¹⁹² URZEDO, *op. cit.*

¹⁹³ RIJMENAM, *op. cit.*

¹⁹⁴ DUFFEY, *op. cit.*

¹⁹⁵ FORNASIER, Mateus. Building the metaverse. *In.*: BORGES, Gustavo; PINHO, Anna Carolina (Orgs.). **Metaverse safety and the law: risks and possibilities**. [s.l.]: Independently published, 2022. *E-book*.

¹⁹⁶ PURDY, Mark. How the Metaverse Could Change Work. *Harvard Business Review*, 2022. Disponível em: <https://hbr.org/2022/04/how-the-metaverse-could-change-work>. Acesso em: 10 jan. 2024.

possibilitando a construção do futuro digital. Além disso, à medida que a tecnologia evolui, espera-se avatares ainda mais realistas, personalizados e inteligentes, capazes de proporcionar experiências cada vez mais imersivas e significativas.

2.3. RUMO À SOCIEDADE 5.0: REFLEXÕES SOBRE O FUTURO DA TECNOLOGIA E DA HUMANIDADE

Como já analisado anteriormente, as transformações desencadeadas pelas inovações da Quarta Revolução Industrial, têm produzido impactos notáveis na sociedade, promovendo mudanças significativas e disruptivas, como os sistemas ciberfísicos e as indústrias inteligentes¹⁹⁷. Este cenário transcende uma mera revolução tecnológica, representando uma transformação fundamental na interação entre a sociedade e a tecnologia, delineando o curso da humanidade.

Impulsionada pela digitalização da Quarta Revolução Industrial, a evolução atual se propaga com o intuito de promover melhorias sociais por meio do conceito da Sociedade 5.0, introduzido com o 5º Plano Básico de Ciências e Tecnologia do Conselho de Ciência, Tecnologia e Inovação do Japão, em 2016. Trata-se de uma sociedade superinteligente, em que as diversas necessidades da sociedade serão diferenciadas e atendidas para o fim de garantir uma vida confortável às pessoas¹⁹⁸. O Governo do Japão define a Sociedade 5.0 como “uma sociedade centrada no ser humano, que equilibra o avanço econômico com a resolução de problemas sociais através de um sistema que integra altamente o ciberespaço e o espaço físico”¹⁹⁹.

O 5º Plano Básico foi concebido levando-se em consideração o alinhamento das ações e objetivos da Sociedade 5.0, com a Agenda 2030 da ONU e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)²⁰⁰. As principais forças motrizes da Sociedade 5.0 estão estabelecidas nos

¹⁹⁷ NARVAEZ ROJAS *et al.*, *op. cit.*

¹⁹⁸ HARAYAMA, Yuko. Society 5.0: Aiming for a New Human-centered Society. **Hitachi Review**, 2017. Disponível em: https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_06/trends/index.html. Acesso em: 28 nov. 2023.

¹⁹⁹ JAPAN. Society 5.0. **Cabinet Office, Government of Japan**, s.d. Disponível em: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html. Acesso em: 28 nov. 2023.

²⁰⁰ Em 2015 os 193 Estados-membros das Nações Unidas, uniram esforços para estabelecer conjuntamente 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, com a finalidade de abordar efetivamente desafios sociais, promover um padrão de vida satisfatório, fomentar o crescimento econômico estável e estabelecer uma comunidade humana duradoura. Os princípios norteadores desses objetivos buscaram alcançar a paz e a prosperidade para toda a humanidade e o planeta, por meio de abordagens inclusivas, adotando a filosofia de “não deixar ninguém para trás”. Em uma perspectiva prospectiva, os objetivos da Sociedade 5.0, convergem com as ODSs das Nações Unidas. WU, Siegfried Zhiqiang *et al.* Critical Array of Society 5.0. **Frontiers of Urban and Rural Planning**, v. 1, n. 1, p. 12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00019-6>. Acesso em: 28 nov. 2023.

seguintes níveis estruturais: a) realizar melhorias relacionadas à indústria e à sociedade, para o fim de moldar as gerações futuras; b) governar e enfrentar questões socioeconômicas em uma plataforma global; c) investir em ativos sociais; d) administração orientada pela Ciência, Tecnologia e Informação²⁰¹.

Após a decisão do Gabinete sobre o 5º Plano Básico de Ciência e Tecnologia, foi estabelecido um “Conselho de Investimentos para o Futuro”²⁰² com a finalidade de estabelecer uma estratégia de crescimento e de aceleração da reforma estrutural para aumentar o investimento para o futuro, sendo que em junho de 2017 foi publicada a “Estratégia de Investimento para o Futuro 2017” para o fim de concretizar a Sociedade 5.0²⁰³. Foram selecionados cinco campos capazes de impulsionar os pontos fortes do Japão, relacionados com a expectativa de vida saudável, mobilidade, criação de cadeias de abastecimento, construção de infraestrutura de cidades agradáveis e Fintech²⁰⁴.

O Plano de Ação de Estratégia de Crescimento de 2019, por sua vez, ressaltou a importância das tecnologias criadas com o advento da Quarta Revolução Industrial, como a Internet das Coisas, a inteligência artificial, *big data*, para a implementação bem-sucedida da Sociedade 5.0²⁰⁵. Isto é, são tecnologias essenciais de pesquisa e desenvolvimento que devem ser integradas com precisão para o fim de alcançar os objetivos da Sociedade 5.0²⁰⁶. Já os planos estratégicos subsequentes, tendo como base os resultados da implementação das metas anteriores traçadas, ampliaram o escopo e o cronograma das estratégias de crescimento, implementando novas medidas para concretizar plenamente a visão da Sociedade 5.0.

O Governo do Japão, após realizar uma revisão completa da Lei de Bases da Ciência e Tecnologia, publicou em 2021 o 6º Plano Básico de Ciência, Tecnologia e Inovação, reafirmando a necessidade de implementar a Sociedade 5.0 estabelecida na Quinta Convenção

²⁰¹ NAIR, Meghna M; TYAGI, Amit Kumar; SREENATH, N. The Future with Industry 4.0 at the Core of Society 5.0: Open Issues, Future Opportunities and Challenges. *In.*: **2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)**, Coimbatore, Índia: IEEE, 2021, p. 1–7.

²⁰² A partir da década de 1990 o Japão passou a experimentar um período prolongado de estagnação econômica, em razão de uma crise demográfica marcada pelo envelhecimento da população e da queda das taxas de natalidade, ameaçando a produtividade industrial. Apesar da tentativa de combater a estagnação econômica e enfrentar as questões sociais por meio da “Abenomics”, sua eficácia reduziu com o passar do tempo, levando o governo japonês buscar alternativas. O governo percebendo as oportunidades tecnológicas, em especial, a inteligência artificial, em 2016, propôs a “Sociedade 5.0”, com o objetivo de construir um novo sistema social centrado no ser humano, adaptável ao desenvolvimento econômico e capaz de atender as diversas necessidades da população. WU *et al.*, *op. cit.*

²⁰³ FUKUYAMA, Mayumi. Society 5.0: aiming for a new human-centered society. **Japan SPOTLIGHT**, p. 47–50, 2018. Disponível em: https://www.jef.or.jp/journal/pdf/220th_Special_Article_02.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

²⁰⁴ *Ibid.*

²⁰⁵ JAPAN. Action Plan of the Growth Strategy 2019. **Government of Japan**, 2019. Disponível em: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/ap2019en.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

²⁰⁶ NARVAEZ ROJAS *et al.*, *op. cit.*

de Ciência²⁰⁷. O Governo pretende colocar a Sociedade 5.0 em primeiro plano “como uma imagem universal e global” da sociedade futura, com o objetivo de alcançar um lugar de honra na sociedade internacional²⁰⁸.

O 6º Plano Básico aponta dois eixos principais para concretização da Sociedade 5.0: (i) contribuição para a superação de questões globais; (ii) reforma estrutural interna em resposta à pandemia do coronavírus. Para tanto, realiza um enfoque estratégico consubstanciado na transformação para uma sociedade sustentável e resiliente através da fusão do ciberespaço e do espaço físico; na criação do conhecimento como fonte de criação de valor por meio do desenho de uma nova sociedade; no desenvolvimento de recursos humanos para apoiar uma nova sociedade; e na disseminação, compartilhamento e coordenação da Sociedade 5.0²⁰⁹.

A convergência entre o ciber e o físico na Sociedade 5.0 não é realizada por meio de sistemas separados e isolados, mas sim no nível da sociedade como um todo²¹⁰. Para se alcançar a fusão entre o ambiente físico e o ciberespaço, cada elemento da sociedade será construído como um gêmeo digital no ciberespaço e depois refletido no espaço físico, por meio de uma série de infraestruturas que realizarão a coleta e a análise de dados de alta qualidade²¹¹.

Vale destacar ainda que, diferentemente da Sociedade 4.0 em que o compartilhamento de informações é realizado por meio de serviço de nuvem (base de dados) localizado no ciberespaço, na Sociedade 5.0 há um acúmulo de informações adquiridas por meio de dados do espaço físico, no ciberespaço, que possibilita a análise futura com a utilização da inteligência artificial²¹². Essas informações quando são compreendidas, analisadas e relacionadas com leis

²⁰⁷ Durante o período do 5º Plano Básico a digitalização foi promovida em todos os campos, porém a criação de novos modelos de negócios por meio da colaboração e utilização de dados não foi realizada de modo suficiente, de forma que o poder das TICs não pode ser plenamente utilizado. O Governo durante esse período promoveu o desenvolvimento de ambientes de utilização de dados públicos e privados, com a criação de infraestruturas de colaboração de dados e por intermédio da formulação da Estratégia de IA em 2019. Ainda, foram realizados esforços para melhorar o ambiente de pesquisa, porém em razão das limitações existentes, as medidas para impulsionar a inovação nem sempre foram implementadas em velocidade e escala suficientes. Foram identificadas, também, mudanças sociais notáveis durante os cinco anos de vigência do 5º Plano Básico, dentre elas a reorganização da ordem mundial, a agenda global que se tornou uma ameaça real e a exposição dos limites da Sociedade 4.0, sendo que o objetivo do 6º Plano Básico é definir a posição do Japão em resposta a essas mudanças internacionais. JAPAN. 6th STI Basic Plan. **Cabinet Office, Government of Japan**, 2021. Disponível em: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/sti_basic_plan.pdf. Acesso em: 02 jan. 2024.

²⁰⁸ *Ibid.*

²⁰⁹ *Ibid.*

²¹⁰ DEGUCHI, Atsushi *et al.* What Is Society 5.0? *In.*: HITACHI-UTOKYO LABORATORY (H-UTOKYO LAB.) (Org.), **Society 5.0**, Singapore: Springer Singapore, 2020, p. 1–23. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-2989-4_1. Acesso em: 28 nov. 2023.

²¹¹ JAPAN, *op. cit.*

²¹² FORESTI, Ruben *et al.* Smart Society and Artificial Intelligence: Big Data Scheduling and the Global Standard Method Applied to Smart Maintenance. **Engineering**, v. 6, n. 7, p. 835–846, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809920300266?via%3Dihub>. Acesso em: 28 nov. 2023.

gerais, transformam-se em conhecimento²¹³. Nesse sentido, o 6º Plano Básico enfatiza que o conhecimento “é uma fonte de inovação que responde a mudanças descontínuas e resolve problemas sociais”²¹⁴. Trata-se de uma sociedade intensiva em conhecimento, em que os dados, as informações e o conhecimento impulsionam a inovação social²¹⁵.

Além disso, na Sociedade 5.0, é importante que os indivíduos desenvolvam capacidades e habilidades para que possam analisar os problemas e solucioná-los por si próprios. Isto é, à medida em que há um avanço em direção a uma vida centrada nas pessoas, o progresso da tecnologia deve ser acompanhado de um fomento da literacia informacional de cada cidadão, para que os benefícios dessa sociedade possam ser usufruídos por todos²¹⁶.

A Sociedade 5.0 marca, portanto, um significativo avanço em relação à sociedade da informação, pois além de atingir um alto nível de integração entre o domínio virtual e o físico, introduz uma nova dimensão de valor para a sociedade.

3. METAVERSO: A EVOLUÇÃO DA INTERNET E O FUTURO DO TRABALHO

4. O METAVERSO COMO NOVO AMBIENTE DE TRABALHO: RISCOS E DIREITOS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERÊNCIAS

ABDI. **Metaverso da indústria brasileira é lançado hoje em Brasília**. 30 ago. 2023. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/metaverso-da-industria-brasileira-e-lancado-hoje-em-brasilia/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ADAMI, Pooya *et al.* Effectiveness of VR-based training on improving construction workers' knowledge, skills, and safety behavior in robotic teleoperation. **Advanced Engineering Informatics**, v. 50, p. 101431, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S147403462100183X>. Acesso em: 16 maio 2024.

ADAVI, Zohreh *et al.* Machine Learning-Based Estimation of Hourly GNSS Precipitable Water Vapour. **Remote Sensing**, v. 15, n. 18, p. 4551, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/18/4551#B63-remotesensing-15-04551>. Acesso em: 28 nov. 2023.

ADIL, Muhammad *et al.* 5G/6G-enabled metaverse technologies: Taxonomy, applications, and open security challenges with future research directions. **Journal of Network and**

²¹³ DEGUCHI *et al.*, *op. cit.*

²¹⁴ JAPAN. 6th STI Basic Plan. **Cabinet Office, Government of Japan**, 2021, p. 13. Disponível em: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/sti_basic_plan.pdf. Acesso em: 02 jan. 2024.

²¹⁵ DEGUCHI *et. al.*, *op. cit.*

²¹⁶ *Ibid.*

Computer Applications, v. 223, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1084804524000055>. Acesso em: 26 maio 2024.

ALABADI, Montdher; HABBAL, Adib; WEI, Xian. Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions. **IEEE Access**, v. 10, p. 66374–66400, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9802088>. Acesso em: 28 nov. 2023.

ALAUTHMAN, Mohammad; ISHTAIWI, Abdelraouf; AL MAQOUSI, Ali; et al. A Framework for Cybersecurity in the Metaverse. In: 2024 2nd International Conference on Cyber Resilience (ICCR). Dubai, United Arab Emirates: **IEEE**, 2024, p. 1–8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10532868/>. Acesso em: 23 jul. 2024.

ALI, Mansoor; NAEEM, Faisal; KADDOUM, Georges; et al. Metaverse Communications, Networking, Security, and Applications: Research Issues, State-of-the-Art, and Future Directions. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 26, n. 2, p. 1238–1278, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10373900/>. Acesso em: 28 maio 2024.

ALIMAN, Dorothea Nilusha; HENNIG-THURAU, Thorsten; HENKE, André. Navigating the enterprise metaverse: How virtual reality affects business agility and meeting outcomes. **Business Horizons**, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007681324000673>. Acesso em: 19 jul. 2024.

ALSABAH, Muntadher *et al.* 6G Wireless Communications Networks: A Comprehensive Survey. **IEEE Access**, v. 9, p. 148191–148243, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9598915/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

ALSAMH, Mohammed H. *et al.* Multisensory Metaverse-6G: A New Paradigm of Commerce and Education. **IEEE Access**, v. 12, p. 75657–75677, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10506898/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

AMALINA, Fairuz *et al.* Blending big data analytics: review on challenges and a recent study. **IEEE Access**, v. 8, p. 3629–3645, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8737669>. Acesso em: 28 nov. 2023.

ANDERSON, Chris. **Markers**: a nova revolução industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. *E-book*.

ANDRADE, Lia; CENDÃO, Fabio. **Direito, Metaverso e NFTs**: introdução aos desafios na Web3. São Paulo: SaraivaJur, 2022. *E-book*.

ANGELIS, Nicoletta de. La formazione dei lavoratori nell’ambiente virtuale. Rischi e opportunità del metaverso. **Rivista Giurídica Ambiente Diritto**, n. 4, 2023. Disponível em: <https://www.ambientediritto.it/dottrina/la-formazione-dei-lavoratori-nellambiente-virtuale-rischi-e-opportunita-del-metaverso/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

APPLE. **Apple Vision Pro**. Disponível em: <https://www.apple.com/apple-vision-pro/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

ASEMI, Asefeh; KO, Andrea. Contribution & Power of Virtual Reality in Corporate World: A Conceptual Review. *In.: 2024 Third International Conference on Distributed Computing and High Performance Computing (DCHPC)*. Tehran: IEEE, 2024, p. 1–15. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10454076/>. Acesso em: 28 maio 2024.

AZHARI, Faris *et al.* Deep learning implementations in mining applications: a compact critical review. *Artificial Intelligence Review*, v. 56, n. 12, p. 14367–14402, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-023-10500-9#citeas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

BAGCHI, Sohini. **Tectonis shift**: a brief history of computing and the web. Kolkata: Orange Publishers, 2021. *E-book*.

BALL, Matthew. **A revolução do Metaverso**: como o mundo virtual mudará para sempre a realidade. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2023. *E-book*.

BARBOSA, Carlos Eduardo *et al.* Future of work in 2050: thinking beyond the COVID-19 pandemic. *European Journal of Futures Research*, v. 10, n. 1, p. 25, 2022. Disponível em: <https://eujournalfuturesresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40309-022-00210-w>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BARILLI, Fabrício; OLIVEIRA, Marcos. Metaverso e Trabalho. **ITS Rio**, 2023. Disponível em: https://itsrio.org/wp-content/uploads/2023/04/relatorio-diVerso_Metaverso-E-Trabalho_SL_3.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

BARZOTTO, Luciane Cardoso. A sustentabilidade do trabalho decente. **Revista LTr**, v. 88, n. 01, p. 89–96, 2024.

BARZOTTO, Luciane Cardoso; GRAMINHO, Vivian Maria Caxambu. LGPD e Fraternidade: limites à utilização dos algoritmos discriminatórios. *In.: MIZIARA, Raphael; MOLLICONE, Bianca; PESSOA, André (Orgs.). Reflexos da LGPD no Direito e no Processo do Trabalho*. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2022, p. 323–343.

BELL, Daniel. **The coming of post-industrial society**: a venture in social forecasting. New York: Basic Books, 1999.

BENJAMIN, Ruha. **Race after technology**: abolitionist tools for the new Jim Code. Cambridge: Polity Press, 2019. *E-book*.

BENJAMINS, Richard; RUBIO VIÑUELA, Yaiza; ALONSO, Chema. Social and ethical challenges of the metaverse: Opening the debate. **AI and Ethics**, v. 3, n. 3, p. 689–697, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s43681-023-00278-5>. Acesso em: 22 jul. 2024.

BERNERS-LEE, Tim; HENDLER, James; LASSILA, Ora. The semantic web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, 2001. Disponível em: <https://www2.ic.uff.br/~bazilio/cursos/sistweb/material/Barners-Lee-Scientific-American-May-2001.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BERNERS-LEE, Tim; FISCHETTI, Mark. **Weaving the Web: the original design and ultimate destiny of the World Wide Web by its inventor.** San Francisco: Harper San Francisco, 1999.

BHAT, Jagadeesha R.; ALQAHTANI, Salman A. 6G Ecosystem: Current Status and Future Perspective. **IEEE Access**, v. 9, p. 43134–43167, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9335927/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

BIASI, Marco; MURGO, Michele. The virtual space of the Metaverse and the fiddly identification of the applicable labor law. **Italian Labour Law e-Journal**, p. 1-11 Pages, 2023. Disponível em: <https://illej.unibo.it/article/view/17124>. Acesso em: 17 jul. 2024.

BIELIAKOV, Kostyantyn I *et al.* Digital rights in the human rights system. **InterEULawEast: Journal for the International and European Law, Economics and Market Integrations**, v. 10, n. 1, 2023. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/305542>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BIENER, Verena *et al.* Quantifying the effects of working in VR for one week. **arXiv**, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2206.03189>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BIRHANE, Abeba. Colonização algorítmica da África. In: SILVA, Tarcísio (Org.). **Comunidades, algoritmos e ativismos digitais: olhares afrodiaspóricos.** São Paulo: LiteraRua, 2020.

BIONI, Bruno Ricardo. **Proteção de Dados Pessoais: a função e os limites do consentimento.** 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Forense, 2021. *E-book*.

BLANCHET, Atahualpa. Novos direitos humanos na era digital: a contribuição do Mercosul para a regulação internacional. **Equaltimes**, 2023. Disponível em: <https://www.equaltimes.org/new-human-rights-in-the-digital?lang=en>. Acesso em: 14 abr. 2024.

BLAZEK, Paul; ASCHENBRENNER, Verena. Human Centered Innovation Workplaces. *In.*: GALIZIA, Francesco Gabriele; BORTOLINI, Marco (Orgs.). **Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption.** Cham: Springer International Publishing, 2023, p. 156–163. (Lecture Notes in Mechanical Engineering). Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-34821-1_18. Acesso em: 21 maio 2024. *E-book*.

BOGOSSIAN, Tricia. Metaverse: Telepresence in 3D Virtual Digital Worlds through the use of Avatars. **Journal of Medical & Clinical Nursing**, v. 4, n. 5, p. 1–4, 2023. Disponível em: <https://www.onlinescientificresearch.com/articles/metaverse-telepresence-in-3d-virtual-digital-worlds-through-the-use-of-avatars.pdf>. Acesso em: 13 maio 2024.

BOJIC, Ljubisa. Metaverse through the prism of power and addiction: what will happen when the virtual world becomes more attractive than reality? **European Journal of Futures Research**, v. 10, n. 1, p. 22, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40309-022-00208-4>. Acesso em: 23 fev. 2024.

BORGES, Gustavo Silveira. Metaverso: diretrizes para sua construção responsável e os neurodireitos como direito humano. **Humanidades e Inovação**, v. 9, n. 18, p. 158–170, 2022.

Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/7860>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRAMANTE, Ivani Contini. Inteligência artificial: o futuro do trabalho e o trabalho do futuro. *In.*: CARLOTO, Selma. **Inteligência artificial e novas tecnologias nas relações de trabalho**. Leme: Mizuno, 2022, p. 137-171.

BRASIL. **Decreto-lei nº 5.452/1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/de15452.htm. Acesso em: 02 jul. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 14 abr. 2024.

BRASIL. **Lei n. 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRASIL. **Decreto n. 9.854, de 25 de junho de 2019**. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm. Acesso em: 28 nov. 2023.

BRASIL. **Lei no 14.457/2022**: Institui o Programa Emprega + Mulheres; e altera a Consolidação das Leis do Trabalho, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, e as Leis nos 11.770, de 9 de setembro de 2008, 13.999, de 18 de maio de 2020, e 12.513, de 26 de outubro de 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114457.htm. Acesso em: 14 abr. 2024.

BRASIL. **80% dos domicílios brasileiros possuem acesso à internet, aponta pesquisa**. 17 mai. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2023/maio/80-dos-domicilios-brasileiros-possuem-acesso-a-internet-aponta-pesquisa>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRASIL. **MCTI e Embrapii anunciam R\$ 180 milhões para Centros de Competência em tecnologia**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/05/mcti-e-embrapii-anunciam-r-180-milhoes-para-centros-de-competencia-em-tecnologia>. Acesso em: 10 fev. 2024.

BURIANOV, Maksim. Here's why we need a Declaration of Global Digital Human Rights. **Fórum Econômico Mundial**, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2020/08/here-s-why-we-need-a-declaration-of-global-digital-human-rights/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

CAMBER, Rebecca. British police probe VIRTUAL rape in metaverse: Young girl's digital persona 'is sexually attacked by gang of adult men in immersive video game' - sparking first investigation of its kind and questions about extent current laws apply in online world. **Mail Online**, 01 jan. 2024. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/news/article->

[12917329/Police-launch-investigation-kind-virtual-rape-metaverse.html](https://doi.org/10.12917/2474-9452.v31n1p12917329). Acesso em: 10 jan. 2024.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Sobre a indispensabilidade de uma Carta de Direitos Fundamentais Digitais da União Europeia, **Revista do Tribunal Regional Federal da Primeira Região**, v. 31, n. 1, 2019. Disponível em: <https://revista.trf1.jus.br/trf1/article/view/17>. Acesso em: 10 fev. 2024.

CARDOSO, Alexandre de Almeida; ARANTES, Gabriela Lima; GÓES, Maurício de Carvalho. Desafios das relações de trabalho no metaverso. *In.*: SEREK, Fernando E. (Org.). **Metaverso: aspectos jurídicos**. São Paulo: Almedina, 2022. *E-book*.

CARLOTO, Selma. **Discriminação Algorítmica em Processos Seletivos Eletrônicos e uma Metodologia para Eliminação de Vieses Discriminatórios**. Leme, SP: Editora Mizuno, 2023.

CARLOTO, Selma. Metaverso e os riscos da nova tecnologia 3D. *In.*: CARLOTO, Selma (Org.). **Inteligência artificial e novas tecnologias nas relações de trabalho**. Leme: Mizuno, 2023, v. 2, p. 219–232, p. 222.

CARLOTO, Selma; TAKAHATA, André Kazuo. ESG, ética e promoção da inclusão por meio de algoritmos de inteligência artificial (IA). *In.*: CARLOTO, Selma (Org.). **Inteligência artificial e novas tecnologias nas relações de trabalho**. Leme: Mizuno, 2023, v. 2, p. 36–52.

CASTAGNA, Carina; DEMIR, Sercan; WEINMANN, Markus. Dehumanized Avatars: Unethical Behavior in the Metaverse. *In.*: **2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)**. Opatija, Croatia: IEEE, 2023, p. 45–49. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10159785/>. Acesso em: 13 maio 2024.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

CASTELLS, Manuel. **A galáxia da internet: reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade**. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. *E-book*.

CAUSTIN, Juliana. O metaverso ‘flopou’? Não nas empresas. Veja como a tecnologia já é aplicada na indústria. **O Globo**, 31 jan. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2024/01/30/o-metaverso-flopou-nao-nas-empresas-veja-como-a-tecnologia-ja-e-aplicada-na-industria.ghtml>. Acesso em: 30 jan. 2024.

CELESTE, Edoardo. **Digital Constitutionalism: The Role of Internet Bills of Rights**. 1. ed. London: Routledge, 2022. *E-book*.

CHAFIQ, Nadia; ELIMADI, Imane; GHAZOUANI, Mohamed. Metaverse for the Recruitment Process: Towards an Intelligent Virtual Recruiter. *In.*: CHAKIR, Aziza *et al.* (Orgs.). **Engineering Applications of Artificial Intelligence**. Cham: Springer Nature, 2024, p. 287–304. *E-book*.

CHEN, Tianle *et al.* A Review of Research on Metaverse Defining Taxonomy and Adaptive Architecture. *In.: 2022 5th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI)*. Chengdu: IEEE, 2022, p. 960–965. *E-book*.

CHEN, Zefeng; GAN, Wensheng; WU, Jiayang; et al. Metaverse for smart cities: A survey. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, v. 4, p. 203–216, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2667345223000573>. Acesso em: 11 jun. 2024.

CHEN, Zhisheng. Metaverse office: exploring future teleworking model. *Kybernetes*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/K-10-2022-1432>. Acesso em: 29 fev. 2024.

CHENG, Ruizhi *et al.* Will Metaverse Be NextG Internet? Vision, Hype, and Reality. *IEEE Network*, v. 36, n. 5, p. 197–204, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9877927/>. Acesso em: 26 maio 2024.

CHENG, Shenghui. **Metaverse: concept, content and context**. Cham, Switzerland: Springer, 2023. *E-book*.

CHIARA, Pier Giorgio. Towards a right to cybersecurity in EU law? The challenges ahead. *Computer Law & Security Review*, v. 53, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0267364924000281>. Acesso em: 8 jul. 2024.

CHODVADIYA, Charulkumar; SOLANKI, Vaishnavi; SINGH, Kinshuk Gaurav. Intelligent Virtual Worlds: A Survey of the Role of AI in the Metaverse. *In.: 2024 3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*. Bangalore: IEEE, 2024, p. 1–6. *E-book*.

CHOI, Hyung-Yong. Working in the Metaverse: Does Telework in a Metaverse Office Have the Potential to Reduce Population Pressure in Megacities? Evidence from Young Adults in Seoul, South Korea. *Sustainability*, v. 14, n. 6, p. 3629, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3629>. Acesso em: 30 abr. 2024.

CLANCY, Thomas R. *et al.* (Orgs.). **Big data-enabled nursing: education, research and practice**, 1st ed. 2017. Cham: Springer International Publishing: Imprint: Springer, 2017.

COCITO, Cristina; DE HERT, Paul. A natureza transformadora da Declaração da UE sobre Direitos e Princípios Digitais: Substituindo o antigo paradigma (equivalência normativa de direitos). *Computer Law & Security Review*, v. 50, p. 105846, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026736492300>. Acesso em: 10 jan. 2024.

COIMBRA, Rodrigo. Fundamentos e evolução da restrição constitucional da duração do tempo de trabalho no Brasil. *Direitos Fundamentais & Justiça*, n. 35, pág. 149-170, 2016.

COIMBRA, Rodrigo; ARAÚJO, Franciso Rossal de. **Direito do Trabalho**. 2.ed. São Paulo: Ltr, 2021.

COINTELEGRAPH. Metaverso pode voltar com tudo: confira as tendências para 2024 em tecnologia. *Exame*, 17 jan. 2024. Disponível em: <https://exame.com/future-of-money/metaverso-pode-voltar-com-tudo-confira-as-tendencias-para-2024-em-tecnologia/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. **Indústria 5.0: rumo a uma indústria europeia sustentável, centrada no ser humano e resiliente**. Luxemburgo: Serviço das Publicações, 2021. Disponível em: < <https://data.europa.eu/doi/10>. Acesso em: 21. mai. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA; VISIONARY ANALYTICS. **Extended reality: opportunities, success stories and challenges (health, education)**: final report. Luxemburgo: Publications Office, 2023. Disponível em: < <https://data.europa.eu/doi/10.2759/>. Acesso em: 21 mai. 2024.

CONSTANTINIDES, Efthymios; FOUNTAIN, Stefan J. Web 2.0: Conceptual foundations and marketing issues. **Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice**, v. 9, n. 3, p. 231–244, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1057/palgrave.ddmp.4350098>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CORMEN, Thomas H. *et al.* **Algoritmos: teoria e prática**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

COSTA, Caio Túlio. Anotações sobre o metaverso. **Revista USP**, n. 134, pág. 197–222, 2022. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view>. Acesso em: 21 mai. 2024.

CUSTERS, Bart. Novos direitos digitais: imaginando direitos fundamentais adicionais para a era digital. **Computer Law & Security Review**, v. 44, p. 105636, 2022. Disponível em: < <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S>. Acesso em: 10 jan. 2024.

DAVIS, Nicholas, What is the fourth industrial revolution? **Fórum Econômico Mundial**, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

DE GIOVANNI, Pietro. Sustentabilidade do Metaverso: Uma Transição para a Indústria 5.0. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 6079, 2023. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/7/6079> . Acesso em: 14 abr. 2024.

DE GREGORIO, Giovanni. A Declaração sobre os Direitos e Princípios Digitais Europeus: Uma Primeira Análise do Constitucionalismo Digital. **The Digital Constitutionalist**, 2022. Disponível em: < <https://digi-con.org/the-declaration-on-european-digital-rights-and-principles-a-first-análise-from>. Acesso em: 14 abr. 2024.

DE LUCA, Stefano. **The path 6G**. Disponível em: < [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI\(2024\)757633_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/757633/EPRS_BRI(2024)757633_EN.pdf). Acesso em: 21 mai. 2024.

DE STEFANO, Valério. Automação, inteligência artificial e proteção laboral: padrões algorítmicos e o que fazer com eles. *In.*: CARELLI, Rodrigo de Lacerda; CAVALCANTI, Tiago Muniz; FONSECA, Vanessa Patriota (Orgs.). **Futuro do trabalho: os efeitos da revolução digital na sociedade**. Brasília: ESMPU, 2020.

DE STEFANO, Valerio; ALOISI, Antonio. **European legal framework for digital labour platforms**. 2018.

DE STEFANO, Valerio; ALOISI, Antonio; COUNTOURIS, Nicola. The Metaverse is a labour issue. **Social Europe**, 2022. Disponível em: <https://www.socialeurope.eu/the-metaverse-is-a-labour-issue>. Acesso em: 10 jan. 2024.

DELGADO, Gabriela Neves. A Centralidade do Trabalho Digno na Vida Pos-Moderna. **Revista Brasileira de Estudos Políticos**, n. 95, p. 371–302, 2007. Disponível em: <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/rbep95&id=271&collection=journals&index=>. Acesso em: 14 abr. 2024.

DELGADO, Gabriela Neves; DIAS, Valéria de Oliveira. Direito fundamental ao trabalho digno e meio ambiente de trabalho saudável: uma análise sob a perspectiva do assédio organizacional. *In.*: FELICIANO, Guilherme Guimarães; SARLET, Ingo Wolfgang; MARANHÃO, Ney; et al. (Orgs.). **Direito ambiental do trabalho**: apontamentos para uma teoria geral. São Paulo: LTr, 2020. v. 5, p. 143–159.

DELGADO, Mauricio Godinho. **Curso de direito do trabalho**. 18. ed. São Paulo: LTr, 2019.

DEGUCHI, Atsushi; HIRAI, Chiaki; MATSUOKA, Hideyuki; *et al.* What Is Society 5.0? *In.*: HITACHI-UTOKYO LABORATORY (H-UTOKYO LAB.) (Org.). **Society 5.0**. Singapore: Springer Singapore, 2020, p. 1–23. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-981-15-2989-4_1>. Acesso em: 4 jan. 2024.

DEMARTINI, Felipe. Mark Zuckerberg mostra avatar super-realista no metaverso. **Canaltech**, 2023. Disponível em: https://canaltech.com.br/rv-ra/mark-zuckerberg-mostra-avata-super-realista-no-metaverso-265255/#google_vignette. Acesso em: 10 jan. 2024.

DÍAZ, Jairo Eduardo Márquez; SALDAÑA, Camilo Andrés Domínguez; ÁVILA, Camilo Alberto Rodríguez. **Virtual World as a Resource for Hybrid Education. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)**, v. 15, n. 15, p. 94–109, 2020. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/13025>. Acesso em: 28 maio 2024.

DONINI, Annamaria; NOVELLA, Marco. Il metaverso come luogo di lavoro. Configurazione e questioni regolative. **Labour & Law Issues**, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://labourlaw.unibo.it/article/view/16055>. Acesso em: 17 jul. 2024.

DROR-SHPOLIANSKY, Dafna; SHANY, Yuval. It's the End of the (Offline) World as We Know It: From Human Rights to Digital Human Rights – A Proposed Typology. **European Journal of International Law**, v. 32, n. 4, p. 1249–1282, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/ejil/article/32/4/1249/6448877>. Acesso em: 2 maio 2024.

DUAN, Haihan; LI, Jiaye; FAN, Sizheng; et al. Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. *In.*: **Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia**. Virtual Event China: ACM, 2021. p. 153–161. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3474085.3479238>. Acesso em: 25 maio 2024.

DUFFEY, Chris. **Decodificando o metaverso**. São Paulo: Universo dos Livros Editora, 2023. *E-book*.

DWIVEDI, Yogesh K. *et al.* Exploring the Darkverse: a multi-perspective analysis of the negative societal impacts of the Metaverse. **Information Systems Frontiers**, v. 25, n. 5, p. 2071–2114, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10796-023-10400-x>. Acesso em: 10 jan. 2024.

EDMOND, Charlotte. What is 'Industry 4.0' and what does it mean for front-line workers? **Fórum Econômico Mundial**, 2024. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/industry-4-fourth-industrial-revolution-workers/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

EL SADDIK, Abdulmotaleb; LAAMARTI, Fedwa; ALJA'AFREH, Mohammad. The Potential of Digital Twins. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 24, n. 3, p. 36–41, 2021.

EMANUILOV, Ivo; YORDANOVA, Katerina. Business and human rights in Industry 4.0: A blueprint for collaborative human rights due diligence in the Factories of the Future. **Journal of Responsible Technology**, v. 10, p. 100028, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666659622000051>. Acesso em: 24 jun. 2024.

ESPANHA. **Carta de derechos digitales**. 2021. Disponível em: https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/140721-Carta_Derechos_Digitales_RedEs.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

EU-OSHA. Worker exposure to virtual and augmented reality and metaverse technologies: how much do we know? **European Agency for Safety and Health at Work**, 2024. p. 1–37. Disponível em: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/worker-exposure-virtual-reality_discussion_paper_EN.pdf. Acesso em: 25 jul. 2024.

EUROFOUND. **Platform economy**. Disponível em: <https://www.eurofound.europa.eu/pt/definitions>. Acesso em: 14 abr. 2024.

EXPRESSVPN. **Pesquisa: O medo da vigilância no trabalho dentro do metaverso**. Disponível em: <https://www.expressvpn.com/pt/blog/pesquisa-o-medo-da-vigilancia-no-trabalho-dentro-do-metaverso/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FALEIROS JUNIOR, José Luiz de Moura. A evolução da inteligência artificial em breve retrospectiva. *In*: BARBOSA, Mafalda Miranda *et al* (Orgs.). **Direito digital e inteligência artificial: diálogos entre Brasil e Europa**. Indaiatuba: Foco, 2021.

FALK, Bem. Third of ethnic minority staff say they have no voice. **Workindads**, mai. 2023. Disponível em: <https://www.workindads.co.uk/third-of-ethnic-minority-staff-say-they-have-no-voice/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FARABOSCHI, Paolo *et al.* Virtual Worlds (Metaverse): From Skepticism, to Fear, to Immersive Opportunities. **Computer**, v. 55, n. 10, p. 100–106, 2022. Disponível em: <https://www.computer.org/csdl/magazine/co/2022/10/09903884/1H0G6kNdNra>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FINCATO, Denise Pires; LEMONJE, Julise Caroline. A telemática como instrumento de labor: teletrabalho e hiperconexão. **Revista da Faculdade de Direito - UFPR**, v. 64, n. 1,

p. 119–136, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/direito/article/view/63698>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FINCATO, Denise Pires; LEMONJE, Julise. Teletrabalho e saúde psicossocial: desafios e potencialidades ao bem-estar do teletrabalhador. **Cielo Laboral**, n. 1, 2023. Disponível em: https://www.cielolaboral.com/wp-content/uploads/2023/01/pires_lemonje_noticias_cielo_n1_2023.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

FINCATO, Denise Pires; WÜNSCH, Guilherme. Subordinação algorítmica: caminho para o direito do trabalho na encruzilhada tecnológica. **Rev. TST**, v. 86, n. 3, p. 40–56, 2020. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/181114>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FIORILLO, Celso Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 24. ed. São Paulo: SaraivaJur, 2023. *E-book*.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco; MEDEIROS, Natalia dos Santos. O meio ambiente do trabalho digital e a saúde dos trabalhadores. **Veredas do Direito - Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 20, 2023. Disponível em: <http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/2359>. Acesso em: 24 jul. 2024.

FLORIDI, Luciano, Infosfera. In. DI BARI, Vito (Ed.). **Dizionario dell’Economia Digitale**, Milão: Il Sole 24 Ore, 2003.

FLORIDI, Luciano. **La quarta rivoluzione: come l’infosfera sta trasformando il mondo**. Milano: R. Cortina, 2017. *E-book*.

FLORIDI, Luciano. **The logic of information: a theory of philosophy as conceptual design**. New York: Oxford University Press, 2019. *E-book*.

FLORIDI, Luciano. What the Near Future of Artificial Intelligence Could Be. **Philosophy & Technology**, v. 32, n. 1, p. 1–15, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-019-00345-y#citeas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FLORIDI, Luciano. **Il verde e il blu: idee ingenuie per migliorare la politica**. Milano: Raffaello Cortina, 2020. *E-book*.

FLORIDI, Luciano. AI as Agency Without Intelligence: on ChatGPT, Large Language Models, and Other Generative Models. **Philosophy & Technology**, v. 36, n. 1, p. 15, s13347-023-00621-y, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-023-00621-y>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FLORIDI, Luciano; CABITZA, Federico. **Intelligenza artificiale: l’uso delle nuove macchine**. Firenze: Giunti, 2021. *E-book*.

FLORIDI, Luciano; CHIRIATTI, Massimo, GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences, **Minds and Machines**, v. 30, n. 4, p. 681–694, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-020-09548-1>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FORBES. Ambev leva feira de carreiras para o metaverso. 26 ago. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/carreira/2022/08/ambev-leva-feira-de-carreiras-para-o-metaverso/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

FORESTI, Ruben *et al.* Smart Society and Artificial Intelligence: Big Data Scheduling and the Global Standard Method Applied to Smart Maintenance. **Engineering**, v. 6, n. 7, p. 835–846, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809920300266?via%3Dihub>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FORNASIER, Mateus. Building the metaverse. *In.*: BORGES, Gustavo; PINHO, Anna Carolina (Orgs.). **Metaverse safety and the law: risks and possibilities**. [s.l.]: Independently published, 2022. *E-book*.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **Demystifying the consumer metaverse**. Genebra: [s.n.], 2023. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Demystifying_the_Consumer_Metaverse.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **Exploring the industrial metaverse: a roadmap to the future**. Genebra: [s.n.], 2023. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Industrial_Metaverse_2023.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **This Haptic Technology Body Suit Brings the Metaverse to Life**. 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/videos/this-body-suit-is-making-the-metaverse-more-immersive/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FORUM ECONÔMICO MUNDIAL. **Future of Jobs Report 2023**. 2023. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf. Acesso em: 14 abr. 2024.

FUKUYAMA, Mayumi. Society 5.0: aiming for a new human-centered society. **Japan SPOTLIGHT**, p. 47–50, 2018. Disponível em: <https://www.jef.or.jp/journal/pdf/220th_Special_Article_02.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GABRIEL, Martha. **Você, Eu e os Robôs: como se transformar no profissional digital do futuro**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2022. *E-book*.

GABSI, Abd El Hedi. Integrating artificial intelligence in industry 4.0: insights, challenges, and future prospects—a literature review. **Annals of Operations Research**, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10479-024-06012-6>. Acesso em: 21 jun. 2024.

GEBRU, Timnit. Race and Gender. *In.*: DUBBER, Markus D.; PASQUALE, Frank; DAS, Sunit (Orgs.). **The Oxford Handbook of Ethics of AI**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2020. *E-book*.

GESING, Jason. **The metaverse workplace revolution**. Nova Iorque: Fast Company Press, 2024. *E-book*.

GILBERT, Sam. Working in the metaverse: what virtual office life could look like. **The Conversation Media Group**, 2022. Disponível em: <https://theconversation.com/working-in-the-metaverse-what-virtual-office-life-could-look-like-180444>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GLAESSGEN, E. H.; STARGEL, D. S. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. **Structural Dynamics and Materials Conference**, 2012, p. 07. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20120008178/downloads/20120008178.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GLENNY, Misha. The Digital Revolution in a Historical Perspective. *In*: WERTHNER, Hannes *et al* (Orgs.). **Introduction to Digital Humanism**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 47–63. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_4. Acesso em: 02 jan. 2024.

GMYREK, Pawel *et al*. **Generative AI and jobs: a global analysis of potential effects on job quantity and quality**. Geneva: ILO, 2023. Disponível em: <https://researchrepository.ilo.org/esploro/outputs/encyclopediaEntry/995326516102676>. Acesso em: 20 jun. 2024.

GOLDSCHMIDT, Rodrigo; GRAMINHO, Vivian Maria Caxambu. **Desconexão: um direito fundamental do trabalhador**. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2020.

GOLDSCHMIDT, Rodrigo; GRAMINHO, Vivian Maria Caxambu. O direito fundamental do trabalhador à desconexão: panorama latino-americano e a (não) regulamentação brasileira. *In*: VIDIGAL, Viviane; KROST, Oscar; ESTRADA, Manuel (Orgs.). **Direito, tecnologia e trabalho**. Leme: Mizuno, 2022.

GONZÁLEZ-MORALES, Antonio; MARTÍN-LÓPEZ, Milagro; BARROSO, Alejandro Talaminos. **Neuromanagement of the Metaverse: Direction based on happiness and health could offer a competitive edge in the Metaverse**, 2023.

GOYAL, Shefali *et al*. Evolution and Advancements of the World Wide Web: From Concept to Global Phenomenon. *In*: **2023 International Conference on Research Methodologies in Knowledge Management, Artificial Intelligence and Telecommunication Engineering (RMKMATE)**. Chennai, India: IEEE, 2023, p. 1–8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10369837>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GREENGARD, Samuel. **The internet of things**. Cambridge: MIT Press, 2015. *E-book*.

GRIEVES, Michael W. Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises. **Int. J. Product Development**, v. 2, n. 1/2, 2005, p. 79. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/247833967_Product_lifecycle_management_the_new_paradigm_for_enterprises. Acesso em: 02 jan. 2024.

GRIEVES, Michael W. Digital Twins: Past, Present, and Future. *In*: CRESPI, Noel; DROBOT, Adam T.; MINERVA, Roberto (Orgs.). **The Digital Twin**, Cham: Springer International Publishing, 2023, p. 97–121.

GUASTAVINO, Magdalena Nogueira; MANGAN, David. The metaverse matrix of labour law. **Italian Labour Law e-Journal**, p. 13-27 Pages, 2023. Disponível em: <https://illej.unibo.it/article/view/17138>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GUBERT, Maria Beatriz Vieira da Silva; BORGES, Gustavo Silveira. Metaverso e relações de trabalho: um novo mundo. **Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 12ª Região**, v. 6, n. 35, p. 213–230, 2023.

GUPTA, Rajan; PAL, Saibal K. **Introduction to Metaverse: Technology Landscape, Applications, and Challenges**. Singapore: Springer Nature, 2023. *E-book*.

GUSMÃO, Xerxes. Adaptações necessárias das relações de trabalho resultantes da Lei Geral de Proteção de Dados. *In.*: BARZOTTO, Luciane Cardoso; COSTA, Ricardo Hofmeister de Almeida Martins (Orgs.). **Estudos sobre LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados – lei no 13.709/2018: doutrina e aplicabilidade no âmbito laboral**. Porto Alegre: Diadorim Editora, 2022. p. 150–165.

HACK, Cathy *et al.* **Navigating the metaverse: a guide to limitless possibilities in a web 3.0 world**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2022. *E-book*.

HAN, Byung-Chul. **No enxame: reflexões sobre o digital**. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 2016.

HAN, Byung-Chul. **Não coisas: reviravoltas do mundo da vida**. Petrópolis: Vozes, 2022. *E-book*.

HARARI, Yuval Noah, **Sapiens: Uma breve história da humanidade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2011. *E-book*.

HARAYAMA, Yuko. Society 5.0: Aiming for a New Human-centered Society. **Hitachi Review**, 2017. Disponível em: https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_06/trends/index.html. Acesso em: 28 nov. 2023.

HEITZINGER, Clemens; WOLTRAN, Stefan. A Short Introduction to Artificial Intelligence: Methods, Success Stories, and Current Limitations. *In.*: WERTHNER, Hannes *et al* (Orgs.), **Introduction to Digital Humanism**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 135–149. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_9. Acesso em: 02 jan. 2024.

HENDLER, Jim; BERNERS-LEE, Tim. From the Semantic Web to social machines: A research challenge for AI on the World Wide Web, **Artificial Intelligence**, v. 174, n. 2, p. 156–161, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370209001404>. Acesso em: 10 jan. 2024.

HENDRIKS, Patrick *et al.* Exploring team collaboration in the metaverse from a human capital perspective. **Journal of Intellectual Capital**, 2024. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JIC-02-2024-0055/full/html>. Acesso em: 18 jul. 2024.

HERNANDEZ, Martin Spraggon; SENTOSA, Ilham; GAUDREAUULT, Francis; et al. The emergence of the metaverse in the digital blockchain economy: applying the ESG framework for a sustainable future. *In.*: **2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)**. Greater Noida: IEEE, 2023, p. 1324–1329. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10182839/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

HERSKOWITZ, Nicole. Bring virtual connections to life with Microsoft Mesh, now generally available in Microsoft Teams. **Microsoft**, 24 jan. 2024. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2024/01/24/bring-virtual-connections-to-life-with-microsoft-mesh-now-generally-available-in-microsoft-teams/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

HERTZ, Nora. Neurorights – Do we need new human rights? A reconsideration of the right to freedom of thought. **Neuroethics**, v. 16, n. 1, p. 5, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s12152-022-09511-0>. Acesso em: 25 jun. 2024.

HILLS-DEVER, Rebecca. HTC makes VR breakthrough with full-body tracking for headsets. **Dexerto**, 29 nov. 2023. Disponível em: <https://www.dexerto.com/tech/htc-makes-vr-breakthrough-with-full-body-tracking-for-headsets-2406525/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

HINE, Emmie *et al.* Safety and privacy in immersive extended reality: an analysis and policy recommendations. **Digital Society**, v. 3, n. 2, p. 33, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s44206-024-00114-1>. Acesso em: 5 jul. 2024.

HOBSBAWM, Eric J. **Da revolução industrial inglesa ao imperialismo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

HOFFMANN-RIEM, Wolfgang. Autorregulação, autorregulamentação e autorregulamentação regulamentada no contexto digital. **Revista da AJURIS**, [S. l.], v. 46, n. 146, p. 529–554, 2019. Disponível em: <https://revistadaajuris.ajuris.org.br/index.php/REVAJURIS/article/view/1048>. Acesso em: 28 ago. 2024.

HOFFMANN-RIEM, Wolfgang. **Teoria geral do direito digital: transformação digital: desafios para o direito**. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

HUANG, Sihan *et al.* Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 64, p. 424–428, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278612522001224>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HUYNH-THE, Thien *et al.* Artificial intelligence for the metaverse: a survey. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 117, p. 105581, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0952197622005711>. Acesso em: 7 jun. 2024.

IENCA, Marcello *et al.* Towards a governance framework for brain data. **Neuroethics**, v. 15, n. 2, p. 20, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s12152-022-09498-8>. Acesso em: 13 jul. 2024.

INATEL. **Brasil 6G**. Disponível em: <https://inatel.br/brasil6g/>. Acesso em: 10 fev. 2024.

IRPC. **Carta de Direitos Humanos e Princípios para a Internet**. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1CocmNE8RaiF8M_5hDKlhJXJj6qdzIAPQ/view. Acesso em: 10 jan. 2024.

ISAACSON, Walter. **Os inovadores: uma biografia da revolução digital**. São Paulo: Companhia das Letras, 2014. *E-book*.

JAPAN. Society 5.0. **Cabinet Office, Government of Japan**, s.d. Disponível em: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html. Acesso em: 28 nov. 2023.

JAPAN. Action Plan of the Growth Strategy 2019. **Government of Japan**, 2019. Disponível em: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/ap2019en.pdf>.

JAPAN. Action Plan of the Growth Strategy 2020. **Government of Japan**, 2020. Disponível em: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/ap2020en.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

JAPAN. 6th STI Basic Plan. **Cabinet Office, Government of Japan**, 2021. Disponível em: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/sti_basic_plan.pdf. Acesso em: 2 jan. 2024.

JIANG, Yuchen *et al*, Quo vadis artificial intelligence? **Discover Artificial Intelligence**, v. 2, n. 1, p. 4, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44163-022-00022-8>. Acesso em: 28 nov. 2023.

JIANG, Wei *et al*. The road towards 6G: a comprehensive survey. **IEEE Open Journal of the Communications Society**, v. 2, p. 334–366, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349624/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

JOHNSON, Stephen. Gen Z and the metaverse. **Nokia/Ipsos**, set. 2022. Disponível em: <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/publication/documents/2022-09/nokia-the-virtual-frontier-gen-z-and-the-metaverse-2022.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

JULIAN, Hock Leong Chan; CHUNG, Tinfah; WANG, Yuyang. Adoption of Metaverse in South East Asia: Vietnam, Indonesia, Malaysia. *In*: LAI, P.C. (Org.). **Advances in Web Technologies and Engineering**. [s.l.]: IGI Global, 2023, p. 196–234. Disponível em: <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-6684-5732-0.ch012>. Acesso em: 27 maio 2024.

KHANNA, Abhishek; KAUR, Sanmeet. Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review. **Wireless Personal Communications**, v. 114, n. 2, p. 1687–1762, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-020-07446-4#Sec6>. Acesso em: 28 nov. 2023.

KARVALICS, Laszlo Z. **Information Society - what is it exactly?** (The meaning, history and conceptual framework of an expression). 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237332035_Information_Society_-_what_is_it_exactly_The_meaning_history_and_conceptual_framework_of_an_expression. Acesso em: 27 nov. 2023.

KAUFMAN, Dora. **A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?** São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2018. *E-book*.

KEENEY, Becca; PATRA, Amar Nath. Towards a secured, interoperable, and ethical metaverse. **IEEE**, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10500270/authors#authors>. Acesso em: 15 abr. 2024.

KERRIS, Richard. The Metaverse Begins: NVIDIA Omniverse Open Beta Now Available. **NVIDIA**, Dez. 2020. Disponível em: <https://blogs.nvidia.com/blog/omniverse-open-beta-available/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

KHARVI, Prakash Laxman. Security risks, user privacy risks, and a trust framework for the metaverse space. *In.*: **2023 IEEE International Conference on Metaverse Computing, Networking and Applications (MetaCom)**. Kyoto: IEEE, 2023, p. 119–123. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10271802/>. Acesso em: 23 jul. 2024.

KHOURY, Joud S.; ABDALLAH, Chaouki T., The Internet. *In.*: KHOURY, Joud S.; ABDALLAH, Chaouki T. (Eds.). **Internet Naming and Discovery**. London: Springer London, 2013, p. 3–12. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-4552-3_1. Acesso em: 28 nov. 2023.

KIM, Do Yuon; LEE, Ha Kyung; CHUNG, Kyunghwa. Avatar-mediated experience in the metaverse: the impact of avatar realism on user-avatar relationship. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 73, p. 103382, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969698923001297>. Acesso em: 13 maio 2024.

KLINGENBERG, Cristina Orsolin; BORGES, Marco Antônio Viana; ANTUNES, José Antônio Do Vale. Industry 4.0: What makes it a revolution? A historical framework to understand the phenomenon. **Technology in Society**, v. 70, p. 102009, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160791X22001506>. Acesso em: 19 jun. 2024.

KUENZLER, Adrian. Why the metaverse is challenging our notions of privacy. **Fórum Econômico Mundial**, 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2023/08/why-the-metaverse-is-pushing-the-notions-of-what-we-call-privacy/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

KUMAR, Krishan. **Da sociedade pós-industrial à pós-moderna: novas teorias sobre o mundo contemporâneo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

KUMAR, Rohit, Natural Language Processing. *In.*: KUMAR, Rohit (Ed.). **Machine Learning and Cognition in Enterprises**, Berkeley, CA: Apress, 2017, p. 65–73.

KUMAR, Sanjeev *et al.* Second Life and the New Generation of Virtual Worlds. **Computer**, v. 41, n. 9, p. 46–53, 2008. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4623222/>. Acesso em: 28 maio 2024.

LA CUEVA, Mario de. **Derecho mexicano del trabajo**. 4. ed. México: Editorial Porrúa, 1954.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LARUS, James R., Evolution of Computing. *In*: WERTHNER, Hannes *et al* (Orgs.), **Introduction to Digital Humanism**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, p. 31–45. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-45304-5_4. Acesso em: 02 jan. 2024.

LEE, J. A. N. Computer Pioneers. **IEEE Computer Society Press**, 1995. Disponível em: <https://history.computer.org/pioneers/index.html>. Acesso em: 28 nov. 2023.

LEE, Kai-Fu. **Inteligência artificial: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos**. Rio de Janeiro: Globo, 2019. *E-book*.

LEE, Kai-Fu; QIUFAN, Chen. **2041: Como a inteligência artificial vai mudar sua vida nas próximas décadas**. Rio de Janeiro, RJ: Globo Livros, 2022. *E-book*.

LEVY, Moria. WEB 2.0 implications on knowledge management. **Journal of Knowledge Management**, v. 13, n. 1, p. 120–134, 2009. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13673270910931215/full/html#idm45065308999040>. Acesso em: 10 jan. 2024.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2010.

LÉVY, Pierre. **O que é virtual**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

LEX, Gill; DENNIS, Redeker; URS, Gasser. Towards Digital Constitutionalism? Mapping Attempts to Craft an Internet Bill of Rights. **Berkman Klein Center for Internet & Society Research**, 2015. Disponível em: <https://dash.harvard.edu/handle/1/28552582>. Acesso em: 10 jan. 2024.

LI, Ling. Reskilling and Upskilling the Future-ready Workforce for Industry 4.0 and Beyond. **Information Systems Frontiers**, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10796-022-10308-y>. Acesso em: 21 jun. 2024.

LI, Shancang; XU, Li Da; ZHAO, Shanshan. The internet of things: a survey. **Information Systems Frontiers**, v. 17, n. 2, p. 243–259, 2015.

LIM, Chaeyun *et al*. An Avatar's worth in the metaverse workplace: Assessing predictors of avatar customization valuation. **Computers in Human Behavior**, v. 158, p. 108309, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563224001778>. Acesso em: 9 jun. 2024.

LIM, Doo Hun; LEE, Jae Young; PARK, Sunyoung. The Metaverse in the Workplace: Possibilities and Implications for Human Resource Development. **Human Resource Development Review**, v. 23, n. 2, p. 164–198, 2024. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15344843231217174>. Acesso em: 16 maio 2024.

LIMA, Júnior César de; CARVALHO, Cedric Luiz de. **Uma visão da web semântica**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2004. Disponível em:

https://ww2.inf.ufg.br/sites/default/files/uploads/relatorios-tecnicos/RT-INF_001-04.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

LINDOSO, Maria Cristine Branco. **Discriminação de gênero no tratamento automatizado de dados pessoais**: como a automatização incorpora vieses de gênero e perpetua a discriminação de mulheres. Rio de Janeiro: Processo, 2021.

LV, Zhihan. Generative artificial intelligence in the metaverse era. **Cognitive Robotics**, v. 3, p. 208–217, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2667241323000198>. Acesso em: 8 jun. 2024.

MACHEMER, Theresa. Take a Free Virtual Tour of Five Egyptian Heritage Sites. **Smithsonian Magazine**, 2020. Disponível em: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/virtually-tour-five-egyptian-landmarks-180974696/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MADIEGA, Tambiama. Artificial intelligence Act in “A Europe Fit for the Digital Age”. **Legislative Train Schedule: European Parliament**, 20 out. 2023. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-europe-fit-for-the-digital-age/file-regulation-on-artificial-intelligence?sid=7401>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MAGNANI, Mariella. I tempi e i luoghi del lavoro. L’uniformità non si addice al post-fordismo. **WP CSDLE Massimo D’Antona**, 2019. Disponível em: https://salus.adapt.it/wp-content/uploads/2020/07/MAGNANI_tempi-e-luoghi_2019.pdf. Acesso em: 14 abr. 2024.

MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018. *E-book*.

MAIO, Valerio. Diritto del lavoro e metaverso. Se il lavoro non è un (video)gioco. **Labour & Law Issues**, v. 8, n. 2, p. 42–61, 2022. Disponível em: <https://labourlaw.unibo.it/article/view/15946>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MARABELLI, Marco; LIRIO, Pamela. AI and the Metaverse in the workplace: DEI opportunities and challenges. **Personnel Review**, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374911261_AI_and_the_Metaverse_in_The_Workplace_DEI_Opportunities_and_Challenges. Acesso em: 10 jan. 2024.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, Francisco J. *et al.* Evolution of the Web, *In*: MARTÍNEZ-LÓPEZ, Francisco J. *et al.* (Eds.). **Online Brand Communities**. Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 5–15. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24826-4_2. Acesso em: 10 jan. 2024.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, Francisco J. *et al.* Foundations and Structure of the Social Web. *In*: MARTÍNEZ-LÓPEZ, Francisco J. *et al.* (Eds.), **Online Brand Communities**, Cham: Springer International, 2016, p. 17–44. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24826-4_3. Acesso em: 10 jan. 2024.

MARTINS, Sergio Pinto. **Direito do trabalho**. 40. ed. São Paulo: SaraivaJur, 2024. *E-book*.

MASELLI, Antonella; SLATER, Mel. The building blocks of the full body ownership illusion. **Frontiers**, v. 7, 2013. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2013.00083/full>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MASSALY, Keyzim Ngodup. “Open” technology can tackle the world’s biggest problems - here’s what’s holding it back. **PNUD**, 2022. Disponível em: <https://www.undp.org/digital/blog/open-technology-can-tackle-worlds-biggest-problems-heres-whats-holding-it-back>. Acesso em: 14 abr. 2024.

MCCARTHY, John. **A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence**. 1955. Disponível em: <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MCSTAY, Andrew. The Metaverse: surveillant physics, virtual realist governance, and the missing commons. **Philosophy & Technology**, v. 36, n. 1, p. 13, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-023-00613-y>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MEDEIROS, Breno. **A sociedade 5.0 e o novo balizamento normativo das relações de trabalho no plano das empresas**. Brasília: Venturoli, 2023.

MEDIUM. **China establishes metaverse working group with Chinese tech Giants**. 20 jan. 2024. Disponível em: <https://medium.com/@coinness.gl/china-establishes-metaverse-working-group-with-chinese-tech-giants-712e616c85ee>. Acesso em: 25 jan. 2024.

MENDES, Laura Schertel; MATTIUZZO, Marcela; FUJIMOTO, Mônica Tiemy. Discriminação algorítmica à luz da Lei Geral de Proteção de Dados. *In*: BIONI, Bruno Ricardo *et al* (Orgs.). **Tratado de proteção de dados pessoais**, Rio de Janeiro: Forense, 2020.

MERCOSUL. **Declaración de Ministros y Altas Autoridades sobre Derechos Humanos de los Estados Partes del Mercosur sobre los Principios de Derechos Humanos en el ámbito de la Inteligencia Artificial**. Disponível em: <https://www.raadh.mercosur.int/wp-content/uploads/2024/04/DECLARACION-SOBRE-LOS-PRINCIPIOS-DE-DERECHOS-HUMANOS-EN-EL-AMBITO-DE-LA-INTELIGENCIA-ARTIFICIAL.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2024.

META. *In*. PRIBERAM, Dicionário online de português. 2023. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/meta>. Acesso em: 10 jan. 2023.

META. **Embracing Change Through Inclusion: Meta’s 2022 Diversity Report**. Jul. 2022. Disponível em: https://about.fb.com/wp-content/uploads/2022/07/Meta_Embracing-Change-Through-Inclusion_2022-Diversity-Report.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

METAVVERSE DUBAI. **Metaverse Dubai introduces the world’s first**. S.d. Disponível em: <https://web.metaversedubai.global/2021/12/23/metaverse-dubai-introduces-the-worlds-first/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MICHAEL, Katina; ABBAS, Roba; PAPAGIANNIDIS, Savvas. The Social Implications of XR: Promises, Perils, and Potential. **IEEE Technology and Society Magazine**, v. 43, n. 1, p. 91–108, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10496903/>. Acesso em: 28 maio 2024.

MITTELSTADT, Brent Daniel *et al.* The ethics of algorithms: Mapping the debate. **Big Data & Society**, v. 3, n. 2, 2016. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2053951716679679>. Acesso em: 11 jul. 2024.

MÖKANDER, Jakob *et al.* The Switch, the Ladder, and the Matrix: Models for Classifying AI Systems. **Minds and Machines**, v. 33, n. 1, p. 221–248, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-022-09620-y>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MORAIS, Izabelly Soares de; GONÇALVES, Priscila de Fátima; LEDUR, Cleverson Lopes; *et al.* **Introdução a big data e internet das coisas (IoT)**. Porto Alegre: Sagah, 2018. *E-book*.

MOREIRA, Teresa Coelho. **A privacidade dos trabalhadores e as novas tecnologias de informação e comunicação: contributo para um estudo dos limites do poder de controlo electrónico do empregador**. Coimbra: Almedina, 2010, p. 89-90.

MOREIRA, Teresa Coelho. A conciliação entre a vida profissional e a vida pessoal e familiar no momento do trabalho 4.0. **Labour & Law Issues**, v. 3, n. 1, p. 1–31, 2017. Disponível em: https://web.archive.org/web/20180422005104id_/https://labourlaw.unibo.it/article/viewFile/6857/6623. Acesso em: 14 abr. 2024.

MOREIRA, Teresa Coelho. Algumas considerações sobre segurança e saúde dos trabalhadores no trabalho 4.0. *In*: CARELLI, Rodrigo de Lacerda; CAVALCANTI, Tiago Muniz; FONSECA, Vanessa Patriota (Orgs.). **Futuro do trabalho: os efeitos da revolução digital na sociedade**. Brasília: ESMPU, 2020, p. 273–290.

MORO VISCONTI, R. From physical reality to the Metaverse: a Multilayer Network Valuation. **Journal of Metaverse**, v. 2, n. 1, p. 16–22, 2022. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jmv/issue/67967/1071950>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MOSCO, Vincent. Into the Metaverse: Technical Challenges, Social Problems, **Utopian Visions, and Policy Principles**. **Javnost - The Public**, v. 30, n. 2, p. 161–173, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13183222.2023.2200688>. Acesso em: 26 jul. 2024.

MULHOLLAND, Caitlin; FRAJHOF, Isabella Z. Inteligência artificial e a Lei Geral de Proteção de Dados pessoais: breves anotações sobre o direito a explicação perante a tomada de decisões por meio de machine learning. *In*: FRAZÃO, Ana; MULHOLLAND, Caitlin (Orgs.). **Inteligência artificial e direito: ética regulação e responsabilidade**. São Paulo: Thomson Reuters, 2019.

MURUGESAN, S. Understanding Web 2.0. **IT Professional**, v. 9, n. 4, p. 34–41, 2007. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4287373>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MYERS, Devon *et al.* Foundation and large language models: fundamentals, challenges, opportunities, and social impacts, **Cluster Computing**, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-023-04203-7>. Acesso em: 12 dez. 2023.

NAIR, Meghna M; TYAGI, Amit Kumar; SREENATH, N. The Future with Industry 4.0 at the Core of Society 5.0: Open Issues, Future Opportunities and Challenges. *In*: **2021**

International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), Coimbatore, India: IEEE, 2021, p. 1–7.

NARESH, S. *et al.* Metaverse: a forthcoming lifestyle. *In: 2023 IEEE 3rd International Conference on Technology, Engineering, Management for Societal impact using Marketing, Entrepreneurship and Talent (TEMSMET)*, Mysuru: IEEE, 2023, p. 1–12. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10150038>. Acesso em: 10 jan. 2024.

NARVAEZ ROJAS, Carolina *et al.* Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society, **Sustainability**, v. 13, n. 12, p. 6567, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13126567>. Acesso em: 24 nov. 2023.

NATH, Keshab. Evolution of the Internet from Web 1.0 to Metaverse: the good, the bad and the ugly. **TechRxiv**, 2022. Disponível em: <https://www.techrxiv.org/doi/full/10.36227/techrxiv.19743676.v1>. Acesso em: 10 jan. 2024.

NASCIMENTO, Amauri Mascaro. **Curso de direito do trabalho**. 26. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

NEWMAN, Russell *et al.* Web 2.0: the past and the future, **International Journal of Information Management**, v. 36, n. 4, p. 591–598, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401216301712>. Acesso em: 10 jan. 2024.

NGUYEN, Huan X. *et al.* Digital Twin for 5G and Beyond. **IEEE Communications Magazine**, v. 59, n. 2, p. 10–15, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9374645>. Acesso em: 28 nov. 2023.

NIELSEN, Morten B. *et al.* Workplace bullying and sleep – A systematic review and meta-analysis of the research literature. **Sleep Medicine Reviews**, v. 51, p. 101289, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1087079220300320>. Acesso em: 10 jan. 2024.

NOKIA. **The metaverse at work**. Jun. 2023. Disponível em: <https://www.nokia.com/metaverse/industrial-metaverse/the-metaverse-at-work-research/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

NTOUTSI, Eirini; FAFALIOS, Pavlos; GADIRAJU, Ujwal; et al. Bias in data-driven artificial intelligence systems—An introductory survey. **WIREs Data Mining and Knowledge Discovery**, v. 10, n. 3, p. e1356, 2020. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/widm.1356>. Acesso em: 5 jul. 2024.

OCDE. **Recomendação do Conselho sobre Inteligência Artificial**. Disponível em: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>. Acesso em: 25 maio 2024.

OCDE. **Framework for Anticipatory Governance of Emerging Technologies**. 2024. (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers). Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/framework-for-anticipatory-governance-of-emerging-technologies_0248ead5-en. Acesso em: 20 jul. 2024.

OCDE. **OECD Digital Economy Outlook 2024** (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. Paris: OCDE, 2024. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-1_a1689dc5-en. Acesso em: 19 jul. 2024.

OCDE. **OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market**. 2023. (OECD Employment Outlook). Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2023_08785bba-en. Acesso em: 20 jun. 2024.

OIT. **Convenção no 155**: Convenção sobre a segurança, a saúde dos trabalhadores e o ambiente de trabalho. 1992. Disponível em: <https://www.ilo.org/pt-pt/media/268961/download>. Acesso em: 14 abr. 2024.

OIT. **Declaração do Centenário da OIT para o Futuro do Trabalho**. 2019. Disponível em: https://www.ilo.org/lisbon/publica%C3%A7%C3%B5es/WCMS_749807/lang--pt/index.htm. Acesso em: 14 abr. 2024.

OIT. **Guia para estabelecer uma organização do tempo de trabalho equilibrada**. 2020. Disponível em: <https://www.ilo.org/pt-pt/media/388296/download>. Acesso em: 20 maio 2024.

OLIVEIRA, Danilo de. China lança primeiro satélite 6G do mundo; entenda a tecnologia. **CNN Brasil**, 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/china-lanca-primeiro-satelite-6g-do-mundo-entenda-a-tecnologia/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

OLIVEIRA NETO, Célio Pereira. **Trabalho em ambiente virtual**: causas, efeitos e conformação. São Paulo: Ltr Editora, 2018.

OMOL, Edwin Juma. Organizational digital transformation: from evolution to future trends. **Digital Transformation and Society**, v. 3, n. 3, p. 240–256, 2024. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/DTS-08-2023-0061/full/html>. Acesso em: 19 jul. 2024.

OMS. **Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO)**. 1946. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5733496/mod_resource/content/0/Constitui%C3%A7%C3%A3o%20da%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20Mundial%20da%20Sa%C3%BAde%20%28WHO%29%20-%201946%20-%20OMS.pdf. Acesso em: 24 mai. 2024

ONU. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. 1948. Disponível em: https://www.ohchr.org/sites/default/files/UDHR/Documents/UDHR_Translations/por.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

ONU. **Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais**. 1966. Disponível em: <https://www.oas.org/dil/port/1966%20Pacto%20Internacional%20sobre%20os%20Direitos%20Econ%C3%B4micos,%20Sociais%20e%20Culturais.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2024.

ONU. **A/HRC/17/27**: Informe del Relator Especial sobre la promoción y protección del derecho a la libertad de opinión y de expresión, Frank La Rue. 2011. Disponível em: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g11/132/04/pdf/g1113204.pdf?token=LURzrbYZLNBerSSVh9&fe=true>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ONU. **Guiding Principles on Business and Human Rights: implementing the United Nations “Protect, Respect and Remedy” Framework**. 2011. Disponível em: https://www.ohchr.org/sites/default/files/documents/publications/guidingprinciplesbusinesshr_en.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

ONU. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2024.

ONU. **Resolução A/78/L.49**: aproveitar las oportunidades de sistemas seguros, protegidos y fiables de inteligencia artificial para el desarrollo sostenible. 2024. Disponível em: <https://documents.un.org/doc/undoc/ltd/n24/065/95/pdf/n2406595.pdf?token=3YM707QkEBZ7CtBGg7&fe=true>. Acesso em: 14 abr. 2024.

OOI, Keng-Boon *et al.* Banking in the metaverse: a new frontier for financial institutions. **International Journal of Bank Marketing**, v. 41, n. 7, p. 1829–1846, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJBM-03-2023-0168>. Acesso em: 29 fev. 2024.

O’REGAN, Gerard, The Internet Revolution. In. O’REGAN, Gerard (Ed.). **Introduction to the History of Computing**. Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 163–178. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-33138-6_14. Acesso em: 28 nov. 2023.

O’REILLY, Tim. **What is web 2.0**: design patterns and business models for the next generation fo software. s.l.: O’Reilly Media, 2009. *E-book*.

OTHMAN, Achraf *et al.* Accessible Metaverse: A Theoretical Framework for Accessibility and Inclusion in the Metaverse. **Multimodal Technologies and Interaction**, v. 8, n. 3, p. 21, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2414-4088/8/3/21>. Acesso em: 21 maio 2024.

PADILHA, Juliana *et al.* **Analytics para Big Data**. Porto Alegre, RS: Sagah, 2022, p. 16. *E-book*.

PALMA RAMALHO, Maria do Rosário. **Tratado de Direito do Trabalho**: situações laborais individuais. 4. ed. Coimbra: Almedina, 2012.

PAPAKONSTANTINO, Vagelis. Cybersecurity as praxis and as a state: The EU law path towards acknowledgement of a new right to cybersecurity? **Computer Law & Security Review**, v. 44, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0267364922000012>. Acesso em: 8 jul. 2024.

PARK, Danny. S. Korea releases ethical guidelines for the metaverse. **Forkast**, 2022. Disponível em: <https://forkast.news/korea-ethical-guidelines-for-the-metaverse/#:~:text=The%20guidelines%20identify%20eight%20principles,and%20responsibility%20for%20the%20future.>. Acesso em: 14 abr. 2024.

PARK, Hyanghee; AHN, Daehwan; LEE, Joonhwan. Towards a metaverse workspace: opportunities, challenges, and design implications. *In: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Hamburg Germany: ACM, 2023, p. 1–20. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3544548.3581306>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PARK, Sung; KIM, Si Pyoung; WHANG, Mincheol. Individual's Social Perception of Virtual Avatars Embodied with Their Habitual Facial Expressions and Facial Appearance. *Sensors*, v. 21, n. 17, p. 5986, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/17/5986>. Acesso em: 14 maio 2024.

PARLAMENTO EUROPEU. **Lei de Inteligência Artificial**: Resolução legislativa do Parlamento Europeu, de 13 de março de 2024, sobre uma proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial (Lei da Inteligência Artificial) e altera determinados atos legislativos da União (COM(2021)0206 – C9-0146/2021 – 2021/0106(COD)). 2024. Disponível em: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2024-INIT/pt/pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

PARLAMENTO EUROPEU. **Resolução do Parlamento Europeu**, de 21 de janeiro de 2021, que contém recomendações à Comissão sobre o direito a desligar (2019/2181(INL)). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52021IP0021>. Acesso em: 14 abr. 2024.

PATEL, Nina Jane. Reality or fiction? *Medium*, 21 dez. 2021. Disponível em: <https://medium.com/kabuni/fiction-vs-non-fiction-98aa0098f3b0>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. Curitiba: Alteridade, 2019.

PEREIRA, Vitoria. Empresas já conduzem processos seletivos no metaverso. **Folha de S. Paulo**, 15 mar. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/carreiras/2022/03/empresas-ja-conduzem-processos-seletivos-no-metaverso.shtml>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PHILBECK, Thomas; DAVIS, Nicholas. The fourth industrial revolution. *Journal of International Affairs*, v. 72, n. 1, p. 17–22, 2018. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26588339>. Acesso em: 27 nov. 2023.

PINHEIRO, Iuri; BOMFIM, Vólia. A Lei Geral de Proteção de Dados e seus impactos nas relações de trabalho. *In.: MIZIARA, Raphael; MOLLICONE, Bianca; PESSOA, André (Orgs.). Reflexos da LGPD no Direito e no Processo do Trabalho*. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2022, p. 51–76.

POELL, Thomas; NIEBORG, David; DIJCK, José Van. Plataformização. *Fronteiras - estudos midiáticos*, v. 22, n. 1, p. 2–10, 2020. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/fronteiras/article/view/19838>. Acesso em: 10 abr. 2024.

POLLICINO, Oreste; DE GREGORIO, Giovanni. Constitutional Law in the Algorithmic Society. In: MICKLITZ, Hans-W.; POLLICINO, Oreste; REICHMAN, Amnon *et al* (Orgs.). **Constitutional Challenges in the Algorithmic Society**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021, p. 3–24. Disponível em:

https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781108914857%23CN-bp-1/type/book_part. Acesso em: 4 jul. 2024.

PORTUGAL. **Lei n. 27/2021**: Carta Portuguesa de Direitos Humanos na Era Digital. 2021. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/lei/2021-164870244>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PURDY, Mark. How the Metaverse Could Change Work. **Harvard Business Review**, 2022. Disponível em: <https://hbr.org/2022/04/how-the-metaverse-could-change-work>. Acesso em: 10 jan. 2024.

PWC. **PwC 2022 US Metaverse Survey**. 2022. Disponível em: <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/metaverse-survey.html>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RACZ-ANTAL, Ildiko. Labour law and metaverse – can they fit together? **Italian Labour Law e-Journal**, p. 29-40 Pages, 2023. Disponível em: <https://illej.unibo.it/article/view/17605>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RADOFF, Jon. The Metaverse Value-Chain. **Medium**, 2021. Disponível em: <https://medium.com/building-the-metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RAJA SANTHI, Abirami; MUTHUSWAMY, Padmakumar. Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 17, n. 2, p. 947–979, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s12008-023-01217-8>. Acesso em: 21 jun. 2024.

RAMANNAVAR, Manjula; SIDNAL, Nandini S., Big data and analytics: a journey through basic concepts to research issues. In: SURESH, L. Padma; PANIGRAHI, Bijaya Ketan (Orgs.). **Proceedings of the International Conference on Soft Computing Systems**, New Delhi: Springer India, 2016, v. 398, p. 291–306. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2674-1_29. Acesso em: 28 nov. 2023.

RAY, Partha Pratim. Web3: A comprehensive review on background, technologies, applications, zero-trust architectures, challenges and future directions. **Internet of Things and Cyber-Physical Systems**, v. 3, p. 213–248, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667345223000305>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RENIERIS, Elizabeth M. **Beyond Data: Reclaiming Human Rights at the Dawn of the Metaverse**. Cambridge: The MIT Press, 2023. *E-book*.

RENAULT DO BRASIL. **Renault Group lança primeiro metaverso industrial**. 21 nov. 2022. Disponível em: <https://imprensa.renault.com.br/release/item/renault-group-lanca-primeiro-metaverso-industrial/pt>. Acesso em: 10 jan. 2024.

REUTERS. Elon Musk's Neuralink implants brain chip in first human. 30 jan. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/technology/neuralink-implants-brain-chip-first-human-musk-says-2024-01-29/>. Acesso em: 30 jan. 2024.

RICHTER, Shahper; RICHTER, Alexander. What is novel about the Metaverse? **International Journal of Information Management**, v. 73, p. 102684, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401223000658>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RIFKIN, J. **Sociedade com custo marginal zero: a internet das coisas os bens comuns colaborativos e o eclipse do capitalismo**. São Paulo: M. Books, 2016.

RIJMENAM, Mark Van. **Entre no metaverso: como a internet imersiva destravará uma economia social de trilhões de dólares**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2022. *E-book*.

RITTERBUSCH, Georg David; TEICHMANN, Malte Rolf. Defining the Metaverse: A Systematic Literature Review. **IEEE Access**, v. 11, p. 12368–12377, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10035386>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RODOTÀ, Stefano. **El derecho a tener derechos**. Madri: Editorial Trotta, 2014.

RODRIGUEZ, Americo Pla. **Los principios del derecho del trabajo**. Montevideu: Biblioteca de Derecho Laboral, 1975.

ROSENSTAND, C. A. G. F.; BRIX, J.; NIELSEN, C. Metaverse and Society 5.0: Pivotal for Future Business Model Innovation. **Journal of Business Models**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 62–76, 2023. Disponível em: <https://vbn.aau.dk/en/publications/metaverse-and-society-50-pivotal-for-future-business-model-innova>. Acesso em: 24 nov. 2023.

ROSIORU, Felicia. Workers' non-discrimination in the metaverse. **SHS Web of Conferences**, v. 177, p. 01001, 2023. Disponível em: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2023/26/shsconf_copeji2023_01001/shsconf_copeji2023_01001.html. Acesso em: 10 jan. 2024.

RUCO, Alexandre. The Fourth Illusion: How a New Economy of Consumption Is Being Created in the Metaverse. *In.*: LAI, P.C. (Org.). **Advances in Web Technologies and Engineering**. Pensilvânia: IGI Global, 2023, p. 48–58. *E-book*.

RUSSELL, Stuart. **Inteligência artificial a nosso favor: como manter o controle sobre a tecnologia**. São Paulo: Companhia Digital, 2022. *E-book*.

RUSSELL, Stuart J; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence a modern approach**. 4. ed. Harlow, England: Pearson, 2022. *E-book*.

RUSSEL, Stuart; PERSET, Karine; GROBELNIK, Marko, Updates to the OECD's definition of an AI system explained. **OCDE**, 2023. Disponível em: <https://oecd.ai/en/wonk/ai-system-definition-update>. Acesso em: 29 nov. 2023.

RYAN, Johnny. **A history of the Internet and the digital future**. London: Reaktion Books, 2010.

SAKO, Emília Simeão Albino. **Trabalho e novas tecnologias**. São Paulo: Ltr Editora, 2014. *E-book*.

SALES, Nancy Jo. A girl was allegedly raped in the metaverse. Is this the beginning of a dark new future? **The Guardian**, 5 jan. 2024. Disponível em: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2024/jan/05/metaverse-sexual-assault-vr-game-online-safety-meta>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SANTOS, Roger Robson dos *et al.* **Fundamentos de big data**. Porto Alegre: Sagah, 2021. *E-book*.

SARKER, Iqbal H. Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. **SN Computer Science**, v. 2, n. 3, p. 160, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-021-00592-x>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SARLET, Ingo Wolfgang; CELESTE, Edoardo. Constitucionalismo digital e o surgimento das cartas de direitos na internet. **Conjur**, 2024. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2024-fev-09/algumas-aproximacoes-entre-constitucionalismo-digital-e-direitos-fundamentais/>. Acesso em: 10 fev. 2024.

SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. 12. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2023.

SCANNAPIECO, Monica; BERTI, Laure, Quality of Web Data and Quality of Big Data: Open Problems. *In*: BATINI, Carlo; SCANNAPIECO, Monica (Eds.). **Data and Information Quality**, Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 421–449. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24106-7_14. Acesso em: 28 nov. 2023.

SCHÄFER, Björn *et al.* Alternative workplace arrangements: Tearing down the walls of a conceptual labyrinth. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 8, n. 2, p. 100352, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2444569X23000483>. Acesso em: 17 jul. 2024.

SCHÄFERLING, Stefan. **Governmental Automated Decision-Making and Human Rights: Reconciling Law and Intelligent Systems**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. *E-book*.

SCHILLING, Anna; PRICE, Matt. What is a metaverse identity? **Fórum Econômico Mundial**, 2024. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/what-is-a-metaverse-identity/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SCHLICHTING, Mario Sergio *et al.* Metaverse: Virtual and Augmented Reality Presence. *In*: **2022 International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR)**.

- Houston, TX, USA: IEEE, 2022, p. 1–6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9950565/>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- SCHMITT, Marcelo Augusto Rauh; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Metaversos e laboratórios virtuais – possibilidades e dificuldades. **RENOTE**, v. 6, n. 2, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14577>. Acesso em: 28 maio 2024.
- SCHREIBER, Anderson. **Direitos da personalidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. *E-book*.
- SCHWAB, K.; DAVIS, N. **Aplicando a quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2019. *E-book*.
- SCOTT, Kevin; SHAW, Greg. **O futuro da inteligência artificial: de ameaça a recurso**. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2023. *E-book*.
- SEBRAE RS. **Segurança do trabalho chega ao metaverso: com os pés no chão e sensação de estar a 20 metros de altura**. 29 ago. 2023. Disponível em: <https://rs.agenciasebrae.com.br/arquivo/seguranca-do-trabalho-chega-ao-metaverso-com-os-pes-no-chao-e-sensacao-de-estar-a-20-metros-de-altura/>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- SERVA, Clara; FARIA JUNIOR, Luiz Carlos Silva. Direitos humanos no metaverso: direitos reais de pessoas virtuais. *In.*: SEREC, Fernando (Org.). **Metaverso: aspectos jurídicos**. São Paulo: Almedina, 2022, p. 225–246. *E-book*.
- SETIAWAN, Kristian Daniel *et al.* The Essential Factor of Metaverse for Business Based on 7 Layers of Metaverse – Systematic Literature Review. *In.*: **2022 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)**. Semarang: IEEE, 2022, p. 687–692. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9915136/>. Acesso em: 26 maio 2024.
- SHANLEY, Danielle; MEACHAM, Darian. A place where “You can be who you’ve always wanted to be...” Examining the ethics of intelligent virtual environments. **Journal of Responsible Technology**, v. 18, p. 100085, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666659624000118>. Acesso em: 23 jul. 2024.
- SHANY, Yuval. Digital Rights and the Outer Limits of International Human Rights Law. **German Law Journal**, v. 24, n. 3, p. 461–472, 2023. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S2071832223000354/type/journal_article. Acesso em: 3 maio 2024.
- SHANY, Yuval. The Case for a New Right to a Human Decision Under International Human Rights Law. **SSRN Electronic Journal**, 2023. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=4592244>. Acesso em: 3 maio 2024.
- SHEPPARD, R. Z., Books: Rock Candy, **Time Magazine**, 1971. Disponível em: <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,905004,00.html>. Acesso em: 27 nov. 2023.

SHI, Feifei *et al.* A new technology perspective of the Metaverse: Its essence, framework and challenges. **Digital Communications and Networks**, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352864823000524>. Acesso em: 9 jun. 2024.

SIEMENS. **Digital experience center**. Disponível em: <https://www.siemens.com/br/pt/empresa/empresa-digital/dex.html>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SIGNES, Adrián Todolí. O mercado de trabalho no século XXI: on-demand economy, crowdsourcing e outras formas de descentralização produtiva que atomizam o mercado de trabalho. *In*: LEME, Carolina Reis Paes; RODRIGUES, Bruno Alves; CHAVES JÚNIOR, José Eduardo de Resende (Orgs.). **Tecnologias disruptivas e a exploração do trabalho humano**. 1. ed. São Paulo: LTr, 2017. *E-book*.

SILVA PORTO, Carolina; NOLASCO VIANA, Maria Clara; CARDOSO MACHADO JABORANDY, Clara. Neurodireitos e privacidade mental sob a ótica do episódio engenharia reversa em black mirror: proteção ou controle?. **Interfaces Científicas - Direito**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 352–368, 2024. DOI: 10.17564/2316-381X.2023v9n2p352-368. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/direito/article/view/11778>. Acesso em: 28 ago. 2024.

ŠÍMOVÁ, Tereza; ZYCHOVÁ, Kristýna; FEJFAROVÁ, Martina. Metaverse in the Virtual Workplace. Vision: **The Journal of Business Perspective**, 2023. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/09722629231168690>. Acesso em: 18 jul. 2024.

SIPKA, Peter. Potential challenges of working in a virtual space. **Italian Labour Law e-Journal**, p. 53–65, 2023. Disponível em: <https://illej.unibo.it/article/view/17145>. Acesso em: 18 jul. 2024.

SMITH, B. L. The third industrial revolution: policymaking for the internet. **Science and Technology Law Review**, [s. l.], v. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.7916/stlr.v3i0.3621>. Acesso em: 23 nov. 2023.

SMITH, Bradford. The Third Industrial Revolution, **Science and Technology Law Review**, v. 3, p. 1–45, 2019.

SOARES FARINHO, Domingos Miguel. The Portuguese Charter of Human Rights in the Digital Age: A legal appraisal. **Revista Española de la Transparencia**, n. 13, p. 85–105, 2021. Disponível em: <https://revistatransparencia.com/ojs/index.php/ret/article/view/191>. Acesso em: 17 abr. 2024.

SOLIMAN, Mona M. *et al.* Artificial intelligence powered Metaverse: analysis, challenges and future perspectives. **Artificial Intelligence Review**, v. 57, n. 2, p. 36, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10462-023-10641-x>. Acesso em: 28 maio 2024.

SOUTO MAIOR, Jorge Luiz. Do direito à desconexão do trabalho. **Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 15ª Região**, n. 23, p. 296–313, 2003. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/108056>. Acesso em: 14 abr. 2024.

SPADONI, Pedro. Meta: avatares realistas ‘saem do Vale da Estranheza’, diz apresentador. **Olhar Digital**, 02 out. 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2023/10/02/internet->

[e-redes-sociais/meta-avatares-realistas-saem-do-vale-da-estranheza-diz-apresentador/](#). Acesso em: 10 jan. 2024.

STATISTA. **Metaverse market size worldwide 2022-2030**. Abr. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1295784/metaverse-market-size/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

STOCCO, Guga. **As camadas do metaverso**. MIT Technology Review, 2022. Disponível em: <https://mittechreview.com.br/camadas-do-metaverso/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SUSI, Mart. **The Non-Coherence Theory of Digital Human Rights**. Cambridge: Cambridge University Press, 2024. *E-book*.

TANG, Fengxiao; CHEN, Xuehan; ZHAO, Ming; et al. The Roadmap of Communication and Networking in 6G for the Metaverse. **IEEE Wireless Communications**, v. 30, n. 4, p. 72–81, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9806418/>. Acesso em: 26 maio 2024.

TANG, Yufu; LIANG, Hongying; ZHAN, Jingming. The application of metaverse in occupational health. *Frontiers in Public Health*, v. 12, p. 1396878, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2024.1396878/full>. Acesso em: 20 maio 2024.

THAKUR, Divyansh; SAINI, Jaspal Kaur; SRINIVASAN, Srikant, DeepThink IoT: The Strength of Deep Learning in Internet of Things, **Artificial Intelligence Review**, v. 56, n. 12, p. 14663–14730, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-023-10513-4>. Acesso em: 28 nov. 2023.

THE BLOCK. Metaverso de Decentraland terá festival de música com mais de 100 artistas globais. **Money Times**, 2022. Disponível em: <https://www.moneytimes.com.br/metaverso-de-decentraland-tera-festival-de-musica-com-mais-de-100-artistas-globais/>. Acesso em: 10 fev. 2024.

THOMSON, Ewan. These 3 cities already have their own metaverse. **Fórum Econômico Mundial**, 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2023/11/metaverse-digital-cities-urban/>. Acesso em: 21 mai. 2024.

TOFFLER, A. **A terceira onda**. Tradução: João Távora. 15 ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

TRINDADE, Fábio. Metaverso industrial deixa Renault do Brasil pronta para o futuro. **Motor 1.com**. 26 ago. 2023. Disponível em: <https://motor1.uol.com.br/news/680423/metaverso-industrial-renault-brasil/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

TU, Xinyi *et al.* Architecture for data-centric and semantic-enhanced industrial metaverse: Bridging physical factories and virtual landscape. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 74, p. 965–979, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278612524001134>. Acesso em: 9 jun. 2024.

TUKUR, Muhammad *et al.* The metaverse digital environments: a scoping review of the challenges, privacy and security issues. **Frontiers in Big Data**, v. 6, p. 1301812, 2023.

Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10702132/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

UDDIN, Mueen *et al.* Unveiling the Metaverse: Exploring Emerging Trends, Multifaceted Perspectives, and Future Challenges. *IEEE Access*, v. 11, p. 87087–87103, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10138386/>. Acesso em: 13 jun. 2024.

UNESCO. **SHS/BIO/PI/2021/1**: Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial, 23 nov. 2022. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por. Acesso em: 28 nov. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. **Carta de Direitos Fundamentais da União Europeia** (2000/C 364/01). 2000. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text_pt.pdf. Acesso em: 20 mai. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Orientações éticas para uma IA de confiança**. 2019. Disponível em: <https://op.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>. Acesso em: 14 abr. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **COM (2020) 65 final** - Livro Branco sobre a inteligência artificial: uma abordagem europeia virada para a experiência e a confiança. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:52020DC0065>. Acesso em: 14 abr. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Quadro estratégico da UE para a saúde e segurança no trabalho 2021-2027**: saúde e segurança no trabalho num mundo do trabalho em evolução COM(2021) 323 final. 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0323#footnoteref3>. Acesso em: 20 mai. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Three Generations of Digital Human Rights**. 2022. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/project/id/101054745>. Acesso em: 10 jan. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Virtual worlds and Web 4.0**: factsheet. 5 jul. 2023. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/virtual-worlds-and-web-40-factsheet>. Acesso em: 10 jan. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **COM(2023) 442/final**: Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An EU initiative on Web 4.0 and virtual worlds: a head start in the technological transition. 2023. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-initiative-virtual-worlds-head-start-next-technological-transition>. Acesso em: 11 abr. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Declaração Europeia sobre os direitos e princípios digitais para a década digital (2023/C 23/01)**. 2023. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023C0123\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023C0123(01)). Acesso em: 10 jan. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Cybersecurity Policies**. 2024. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cybersecurity-policies>. Acesso em: 14 abr. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Década Digital da Europa: metas digitais para 2030**. 2024. Disponível em: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_pt#o-gui%C3%A3o-para-a-d%C3%A9cada-digital. Acesso em: 10 jan. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Pilot Project: A Space for the Metaverse – Virtual World and the transition to Web 4.0**. 2024. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/funding/pilot-project-space-metaverse-virtual-world-and-transition-web-40>. Acesso em: 14 abr. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Uma Europa preparada para a era digital: capacitar as pessoas graças a uma nova geração de tecnologias**. 2024. Disponível em: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_pt. Acesso em: 14 abr. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Virtual Worlds fit for people. Comissão Europeia**. 2024. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/virtual-worlds>. Acesso em: 14 abr. 2024.

UPADHYAY, Utsav *et al.* Cyberbullying in the Metaverse: A Prescriptive Perception on Global Information Systems for User Protection. **Journal of Global Information Management**, v. 31, n. 1, p. 1–25, 2023. Disponível em: <https://www.igi-global.com/pdf.aspx?tid=325793&ptid=310086&ctid=4&oa=true&isxn=9781668478905>. Acesso em: 10 jan. 2024.

URZEDO, J. P. **Metaverso: explorando o futuro digital**. s.l.: Publicação independente, 2023. *E-book*.

UZUN, Mehmet Metin. Metaverse Governance. *In*: ESEN, Fatih Sinan; TINMAZ, Hasan; SINGH, Madhusudan (Orgs.). **Metaverse**. Singapore: Springer Nature, 2023, v. 133, p. 231–244. *E-book*.

UZUN, Mehmet Metin, Metaverse Governance. *In*: ESEN, Fatih Sinan; TINMAZ, Hasan; SINGH, Madhusudan (Orgs.). **Metaverse**, Singapore: Springer, 2023, v. 133, p. 231–244. *E-book*.

VADLAMUDI, Sailaja. The Taxonomy of Security issues and Countermeasures in the Metaverse World. *In*: **2022 International Conference on Recent Trends in Microelectronics, Automation, Computing and Communications Systems (ICMACC)**. Hyderabad: IEEE, 2022, p. 553–558. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10093534/>. Acesso em: 23 jul. 2024.

VASAK, Karel. Uma luta de 30 anos: os esforços permanentes para atribuir força normativa à Declaração Universal dos Direitos Humanos. **Revista Direito Das Relações Sociais e Trabalhistas**, v. 7, n. 2, p. 20–29, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.udf.edu.br/index.php/relacoes-sociais-trabalhista/article/view/384>. Acesso em: 10 out. 2024.

WARF, Barney. Origins, Growth, and Geographies of the Global Internet. *In*: WARF, Barney (Ed.). **Global Geographies of the Internet**, Dordrecht: Springer Netherlands, 2013, v. 1, p. 9–44. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-1245-4_2. Acesso em: 28 nov. 2023.

WEB FOUNDATION. **Contract for the Web**. 2019. Disponível em: <https://wfcontract.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/Contract-for-the-Web-3.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.

WEBSTER, Frank. **Theories of the information society**. 4. ed. New York: Routledge, 2014.

WEINBERGER, Markus. What Is Metaverse? A Definition Based on Qualitative Meta-Synthesis. **Future Internet**, v. 14, n. 11, p. 310, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-5903/14/11/310>. Acesso em: 17 jul. 2024.

WINTER, Susan. The Road Less Taken: Pathways to Ethical and Responsible Technologies. In: WERTHNER, Hannes *et al.* (Orgs.). **Introduction to Digital Humanism**. Cham: Springer Nature, 2024, p. 267–281. *E-book*.

WSIS. **Declaration of Principles**. Building the Information Society: a global challenge in the new Millennium. 2003. Disponível em: <https://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/official/dop.html>. Acesso em: 10 jan. 2024.

WU, Kan; XU, Jia; ZHENG, Meimei. Industry 4.0: review and proposal for implementing a smart factory. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s00170-024-13839-7>. Acesso em: 21 jun. 2024.

WU, Siegfried Zhiqiang *et al.* Critical Array of Society 5.0. **Frontiers of Urban and Rural Planning**, v. 1, n. 1, p. 12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00019-6>. Acesso em: 28 nov. 2023

WU, Tim. **Impérios da comunicação: do telefone à internet, da AT&T ao Google**. Rio de Janeiro: Zahar, 2012. *E-book*.

YASUDA, Arisa. Metaverse ethics: exploring the social implications of the metaverse. **AI and Ethics**, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s43681-024-00507-5>. Acesso em: 19 jul. 2024.

YEE, Nick; BAIENSON, Jeremy N.; DUCHENEAUT, Nicolas. The Proteus Effect: implications of transformed digital self-representation on online and offline behavior. **Communication Research**, v. 36, n. 2, p. 285–312, 2009. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/0093650208330254>. Acesso em: 10 jan. 2024.

YUSTE, Rafael; DE LA QUADRA-SALCEDO, Tomás. Neuro-Rights and New Charts of Digital Rights: A Dialogue Beyond the Limits of the Law. **Indiana Journal of Global Legal Studies**, v. 30, n. 1, p. 15–37, 2023. Disponível em: <https://muse.jhu.edu/article/886161>. Acesso em: 17 abr. 2024.

YUSTE, Rafael; GENSER, Jared; HERRMANN, Stephanie. It's time for neuro-rights: new human rights for the age of neurotechnology. **Horizons**, n. 18, 2021. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/48614119>. Acesso em: 14 abr. 2024.

ZALAN, Tatiana; BARBESINO, Paolo. Making the metaverse real. **Digital Business**, v. 3, n. 2, p. 100059, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666954423000078>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ZALLIO, Matteo; CLARKSON, P. John. Designing the metaverse: A study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments. **Telematics and Informatics**, v. 75, p. 101909, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0736585322001423>. Acesso em: 22 jul. 2024.

ZAMFIR, Ionel. **Multilateral initiatives for upholding human rights in digital technologies: a task for the UN or for liberal democracies?** 2022. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/729376/EPRS_BRI\(2022\)729376_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/729376/EPRS_BRI(2022)729376_EN.pdf). Acesso em: 14 abr. 2024.

ZAWISH, Muhammad; DHAREJO, Fayaz Ali; KHOWAJA, Sunder Ali; et al. AI and 6G Into the Metaverse: Fundamentals, Challenges and Future Research Trends. **IEEE Open Journal of the Communications Society**, v. 5, p. 730–778, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10415393/>. Acesso em: 28 maio 2024.

ZHANG, Yan; JIANG, Shuo. The Concept of Digital Human Rights and Its Reshaping of Basic Rights. **China Human Rights**, 2024. Disponível em: <https://en.humanrights.cn/2024/04/15/1239d994f5bf49878b7840bbec9cfc47.html>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ZHAO, Ruoyu *et al.* Metaverse: security and privacy concerns. **Journal of Metaverse**, v. 3, n. 2, p. 93–99, 2023. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3098045>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ZHUK, Alesia. Ethical implications of AI in the Metaverse. **AI and Ethics**, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s43681-024-00450-5>. Acesso em: 11 jul. 2024.

ZUCKERBERG, Mark. **Founder's Letter**, 2021. Disponível em: <https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/>. Acesso em: 10 jan. 2024.