

BEM-VINDOS À REALIDADE SINTÉTICA: IMPLICAÇÕES JURÍDICAS DA COMPUTAÇÃO QUÂNTICA

WELCOME TO THE SYNTHETIC REALITY: LEGAL IMPLICATIONS OF QUANTUM COMPUTING

Felipe Chiarello de Souza Pinto^A

 <https://orcid.org/0000-0002-2834-6324>

Julia Tosatto^B

 <https://orcid.org/0009-0009-8500-9787>

^AAdvogado. Possui mestrado em Direito (2000) e doutorado (2006) em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Foi Secretário Municipal de Educação de São Vicente/SP; Membro do Conselho Técnico Científico, do Conselho Superior e do Comitê da Área do Direito da CAPES-MEC, onde Presidiu a Comissão de Classificação de Livros (2010 e 2012/2013); Coordenador Adjunto dos Programas da Área do Direito da CAPES (2019/2022); Membro da Comissão de Revisão da Matriz Curricular da Graduação em Direito no Brasil (Convidado Externo CNE) (2018) e Diretor da Faculdade de Direito e Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação. Atualmente é Professor Titular da Faculdade de Direito e do Programa de Mestrado e Doutorado em Direito Político e Econômico da Universidade Presbiteriana Mackenzie e Membro da Academia Mackenzista de Letras. Membro Pesquisador 1C do CNPq. Membro do Comitê da Área do Direito no Programa SciELO/FAPESP e Membro Titular da Academia Paulista de Letras Jurídicas, Parecerista na Área do Direito da CAPES-MEC. Doutor Honoris Causa do Centro Universitário Dinâmica das Cataratas (UDC). Tem experiência na área de Direito, com ênfase em Direito do Estado, atuando principalmente nos seguintes temas: Direito Administrativo Econômico, Direito Constitucional e Garantias Fundamentais, Ética, Educação e Pesquisa.

^BAdvogada e mestranda em Direito Político e Econômico na Universidade Presbiteriana Mackenzie, concentra sua pesquisa na regulação da Inteligência Artificial. Possui uma pós-graduação em Compliance Digital pela mesma universidade, onde também concluiu sua graduação em Direito. Além disso, realizou um intercâmbio na Universidade Nova de Lisboa. Participou como palestrante em um webinar da Universidade Presbiteriana Mackenzie sobre Compliance Digital nas Decisões Automatizadas e atuou como pesquisadora no Grupo de Estudos da Cátedra Oscar Sala, IEA-USP. Dedicar-se ao estudo do Direito Digital, avanço tecnológico, inovação e aos direitos fundamentais relacionados a inteligência Artificial.

Correspondência: professorfelipechiarello@gmail.com; tosattojulia@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.12957/rfd.2026.96768>

Resumo: O artigo investiga a emergência da *realidade sintética*, entendida como um novo estágio da relação entre humanos e tecnologia, no qual os limites entre o natural e o artificial, o físico e o virtual tornam-se progressivamente difusos. A partir do legado histórico e conceitual de Ettore Majorana, cujas teorias anteciparam princípios quânticos que hoje sustentam as inovações computacionais, o trabalho analisa a transição da lógica binária para a lógica quântica como ponto de inflexão na própria produção da realidade. Com abordagem exploratória e método dedutivo, a primeira parte examina o processo de dataficação e o surgimento da informação sintética como fenômenos estruturantes dos ambientes digitais. A segunda parte discute a computação quântica como transformação tecnológica que redefine as noções de informação e causalidade. Por fim, a terceira parte reflete sobre as implicações dessa transição para o Direito, sustentando que a realidade sintética exige novos fundamentos normativos e éticos capazes de lidar com a indeterminação produzidas por sistemas não humanos.

Palavras-chave: Computação Quântica; Direito Digital; Realidade Sintética; Inteligência Artificial.

Abstract: This article explores the emergence of a *synthetic reality*, a new stage in the relationship between humans and technology, in which the boundaries between the natural and the artificial, the physical and the virtual, progressively dissolve. Starting from the historical and conceptual legacy of Ettore Majorana, whose theories anticipated the quantum principles that now underpin computational innovation, the paper examines the transition from binary to quantum logic as a turning point in the production of reality itself. Through an exploratory and deductive approach, the first section analyzes datafication and the rise of synthetic information as structural phenomena shaping digital environments. The second section discusses quantum computing as a technological shift that redefines the very notion of information and

causality. Finally, the third section reflects on the implications of this transformation for Law, arguing that the emergence of synthetic reality demands new normative and ethical foundations capable of addressing indeterminacy produced by non-human systems.

Keywords: Quantum Computing; Digital Law; Synthetic Reality; Artificial Intelligence.

INTRODUÇÃO

Ettore Majorana é amplamente reconhecido como um dos mais brilhantes físicos teóricos italianos do século XX (Magueijo, 2009). Sua genialidade foi destacada por Enrico Fermi, contemporâneo e laureado com o Prêmio Nobel, que chegou a compará-lo a Galileu e Newton, ressaltando sua capacidade singular de compreender os fenômenos físicos em profundidade (Recami, 2014). Apesar de sua contribuição notável, marcada por intuições que anteciparam descobertas fundamentais da física moderna, a figura de Majorana permanece envolta em um véu de mistério.

O desaparecimento do físico, ocorrido em março de 1938, consolidou o mito em torno de sua trajetória (Holstein, 2009). Conforme relatam Neto e Lima (2023, p. 847), “*Majorana desapareceu misteriosamente em 25 de março de 1938 após sacar todo seu dinheiro do banco e comprar uma passagem de barco saindo de Palermo com destino a Nápoles*”. Diversas hipóteses foram levantadas, como suicídio, fuga voluntária, vida monástica ou envolvimento em atividades de espionagem, mas nenhuma jamais foi comprovada (Magueijo, 2009).

Apesar do desaparecimento precoce, Majorana deixou contribuições significativas à física teórica, especialmente nos campos da mecânica quântica e da física de partículas (Santos, 2024). Assim, sua vida e obra continuam a representar um duplo enigma: o da genialidade e o do pensamento científico que se perdeu entre as sombras de seu desaparecimento. Seu nome, contudo, ressurgiu nas últimas décadas com o avanço da computação quântica, especialmente nas pesquisas da Microsoft sobre chips

baseados em férmions de Majorana (Bolgar, 2025). Esse desenvolvimento tecnológico simboliza a transição para uma era pós-clássica da computação, cujos princípios, como a não-localidade, a superposição e o entrelaçamento, desafiam os paradigmas tradicionais de causalidade e previsibilidade.

Essa transição marca um ponto de inflexão no processo de aceleração tecnológica das últimas décadas, que tem provocado transformações profundas na estrutura social, econômica e jurídica. Tecnologias emergentes, como a inteligência artificial (IA), os sistemas autônomos e, mais recentemente, a própria computação quântica, vêm conformando uma nova realidade híbrida que, neste trabalho, será denominada de “realidade sintética”. Trata-se de um novo estágio civilizacional no qual os limites entre o natural e o artificial, o real e o simulado, o humano e o não humano tornam-se cada vez mais difusos.

O presente artigo parte desse ponto de inflexão - em que as tecnologias deixam de ser meros instrumentos e passam a produzir realidades próprias - para refletir sobre as implicações dessa transformação. Para tanto, com abordagem explorativa e método dedutivo, o texto está estruturado em três partes. Na primeira parte, discute-se sobre a realidade sintética como um novo estágio da sociedade moldado por tecnologias digitais capazes de fundir o físico e o virtual.

A segunda parte aborda a passagem da lógica binária para a lógica quântica, evidenciando que a computação quântica representa o próximo salto tecnológico. Ao permitir a simulação da própria estrutura do real, essa tecnologia amplia ainda mais a indistinção entre o verdadeiro e o artificial. Por fim, na terceira parte, propõe-se discutir o futuro do Direito diante desse novo cenário, marcado pela dissolução das fronteiras. Busca-se compreender, portanto, quais fundamentos jurídicos e éticos serão necessários para garantir a legitimidade e a governança das decisões produzidas em meio à realidade sintética.

1. A REALIDADE SINTÉTICA

O avanço das tecnologias digitais tem produzido uma nova configuração da realidade, marcada pela fusão entre o físico e o virtual, o natural e o artificial. O que denominamos como realidade sintética emerge como o espaço em que dados, algoritmos e simulações não apenas representam o real, mas passam a produzi-lo, instaurando novas formas de existência, interação e decisão.

Isto se deu, em grande medida, por um intenso processo de dataficação. Ou seja, pela conversão de diferentes dimensões da vida, como comportamentos, emoções, interações e até estados biológicos, em dados quantificáveis e passíveis de análise algorítmica (Mejias e Couldry, 2019). A realidade, nesse contexto, torna-se cada vez mais mediada por infraestruturas digitais que capturam, processam e interpretam informações continuamente. Esse processo não apenas redefine as formas de conhecimento e controle social, mas também altera a própria noção de experiência humana, que passa a ser filtrada e reconfigurada por sistemas automatizados de coleta e interpretação de dados (Zuboff, 2021).

Com esse avanço no modo de produção, atualmente também temos os denominados dados sintéticos. Estes correspondem a informações geradas artificialmente por meio de algoritmos computacionais ou simulações, com o propósito de reproduzir padrões observáveis no mundo real (Jordon, *et. al.*, 2024). Em vez de serem coletados diretamente de pessoas, sensores ou fontes empíricas, esses dados são modelados matematicamente para imitar características, comportamentos ou relações que existiriam em bases de dados reais (Fórum Econômico Mundial, 2025).

Entre as diversas modalidades de dados sintéticos, destacam-se os dados gerados por sistemas de inteligência artificial, que empregam técnicas de aprendizado de máquina e modelos generativos, como os grandes modelos de linguagem (LLMs) (Fórum Econômico Mundial, 2025). Esse tipo de dado pode ser criado para fins técnicos, como treinamento de algoritmos, ampliação de conjuntos de dados ou testes de desempenho de modelos, mas também pode servir a usos criativos e experimentais, como a geração de imagens, textos e outros conteúdos digitais (Yang, *et. al.*, 2023).

Atualmente, estima-se que a quantidade de dados sintéticos já ultrapasse a de dados “reais” disponíveis na internet, o que representa uma mudança estrutural na forma como a informação é produzida, distribuída e consumida. Um dos indicativos

dessa transformação aparece no estudo de Paredes *et al.* (2024), que demonstra que o número de artigos gerados por inteligência artificial publicados na internet já supera a quantidade de textos produzidos por autores humanos. Essa inversão revela que o digital deixou de ser mera representação do mundo empírico para constituir uma realidade própria. Trata-se, portanto, de uma nova camada da realidade, em que a distinção entre representação e existência se torna progressivamente difusa.

Um exemplo amplamente conhecido dessa fusão entre o real e o sintético ocorreu em 2023, quando uma imagem do Papa Francisco usando um casaco branco de grife viralizou nas redes sociais (Krstić, 2025). Apesar de sua aparência realista, a imagem havia sido inteiramente gerada por inteligência artificial (Krstić, 2025). O episódio evidenciou como a produção sintética de imagens já é capaz de desafiar a própria noção de evidência visual, questionando o que pode ser considerado verdadeiro ou autêntico na esfera digital.

A informação sintética, ao simular com precisão o real, passa a produzir novos referentes, instaurando um regime de visibilidade em que a verdade se torna uma questão probabilística, e não empírica. O que está em jogo, portanto, não é apenas a criação de dados artificiais, mas a emergência de uma realidade sintética, construída pela interação contínua entre modelos tecnológicos e percepções humanas.

Esse novo contexto revela desafios inéditos para a regulação jurídica. A expansão de tecnologias capazes de gerar conteúdos sintéticos, como os *deepfakes*¹, evidencia a dificuldade de estabelecer fronteiras claras entre o real e o artificial, o verdadeiro e o fabricado. Tais tecnologias não apenas simulam a aparência do real, mas também produzem efeitos concretos sobre a opinião pública, a integridade da informação e a confiança nas instituições democráticas.

No Brasil, uma das primeiras iniciativas normativas a abordar esse tema foi a Resolução nº 23.732/2024 do Tribunal Superior Eleitoral (TSE) que buscou estabelecer

¹“O termo “Deepfake” deriva da junção de “Deep Learning (DL)” e “Fake”, e descreve conteúdos de vídeo ou imagem fotorrealistas criados com o apoio de técnicas de aprendizado profundo. A palavra surgiu a partir do nome de um usuário anônimo do Reddit, no final de 2017, que aplicou métodos de deep learning para substituir o rosto de uma pessoa em vídeos pornográficos pelo rosto de outra, criando assim vídeos falsos com aparência realista (tradução nossa). RANA, M. S.; NOBI, M. N.; MURALI, B.; SUNG, A. H. Deepfake detection: a systematic literature review. IEEE Access, v. 10, p. 25494–25513, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3154404. Acesso em: 30 out. 2025. p.2.

regras para o uso de inteligência artificial nas campanhas e propagandas eleitorais, com o objetivo de garantir transparência e preservar a integridade do processo democrático. De acordo com o art. 9º-B² do referido marco legislativo, o uso de ferramentas de IA é permitido, desde que o conteúdo gerado seja claramente identificado como tal, evitando que eleitores sejam induzidos a erro (Brasil, 2024).

Ademais, o *caput* do art. 9º-C³ da mesma Resolução veda expressamente a utilização de conteúdos fabricados ou manipulados digitalmente que difundam informações falsas ou descontextualizadas com potencial de comprometer a integridade do pleito (Brasil, 2024). Já o seu parágrafo primeiro⁴ complementa essa disposição ao proibir, de forma específica, o uso de conteúdos sintéticos, como áudio, vídeo ou ambos, produzidos ou alterados digitalmente para criar, substituir ou modificar a imagem ou a voz de uma pessoa viva, falecida ou fictícia, ainda que com autorização, quando empregados para favorecer ou prejudicar candidaturas (Brasil, 2024).

Na prática, os julgamentos que se seguiram à edição da resolução, passaram a enfrentar o desafio de delimitar o que efetivamente se enquadra como *deepfake*. O que é importante salientar é que, se a inteligência artificial já é capaz de criar representações

²Art. 9º-B. A utilização na propaganda eleitoral, em qualquer modalidade, de conteúdo sintético multimídia gerado por meio de inteligência artificial para criar, substituir, omitir, mesclar ou alterar a velocidade ou sobrepor imagens ou sons impõe ao responsável pela propaganda o dever de informar, de modo explícito, destacado e acessível que o conteúdo foi fabricado ou manipulado e a tecnologia utilizada.” BRASIL. Tribunal Superior Eleitoral. Resolução n.º 23.732, de 27 fevereiro 2024. Altera a Resolução-TSE n.º 23.610, de 18 de dezembro de 2019, dispondo sobre a propaganda eleitoral. Brasília: TSE, fev. 2024. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/legislacao/compilada/res/2024/resolucao-no-23-732-de-27-de-fevereiro-de-2024>. Acesso em 30 de out. 2025.

³Art. 9º-C É vedada a utilização, na propaganda eleitoral, qualquer que seja sua forma ou modalidade, de conteúdo fabricado ou manipulado para difundir fatos notoriamente inverídicos ou descontextualizados com potencial para causar danos ao equilíbrio do pleito ou à integridade do processo eleitoral.

§ 1º É proibido o uso, para prejudicar ou para favorecer candidatura, de conteúdo sintético em formato de áudio, vídeo ou combinação de ambos, que tenha sido gerado ou manipulado digitalmente, ainda que mediante autorização, para criar, substituir ou alterar imagem ou voz de pessoa viva, falecida ou fictícia (*deep fake*). BRASIL. Tribunal Superior Eleitoral. Resolução n.º 23.732, de 27 fevereiro 2024. Altera a Resolução-TSE n.º 23.610, de 18 de dezembro de 2019, dispondo sobre a propaganda eleitoral. Brasília: TSE, fev. 2024. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/legislacao/compilada/res/2024/resolucao-no-23-732-de-27-de-fevereiro-de-2024>. Acesso em 30 de out. 2025.

⁴§ 1º É proibido o uso, para prejudicar ou para favorecer candidatura, de conteúdo sintético em formato de áudio, vídeo ou combinação de ambos, que tenha sido gerado ou manipulado digitalmente, ainda que mediante autorização, para criar, substituir ou alterar imagem ou voz de pessoa viva, falecida ou fictícia (*deep fake*). BRASIL. Tribunal Superior Eleitoral. Resolução n.º 23.732, de 27 fevereiro 2024. Altera a Resolução-TSE n.º 23.610, de 18 de dezembro de 2019, dispondo sobre a propaganda eleitoral. Brasília: TSE, fev. 2024. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/legislacao/compilada/res/2024/resolucao-no-23-732-de-27-de-fevereiro-de-2024>. Acesso em 30 de out. 2025.

verossímeis do mundo empírico por meio de dados sintéticos, a computação quântica promete dar um passo além, permitindo simular a própria estrutura do real. Enquanto os modelos atuais operam com base em combinações estatísticas derivadas de dados preexistentes, os sistemas quânticos poderão processar múltiplas possibilidades simultaneamente, reproduzindo fenômenos complexos de forma dinâmica e probabilística⁵.

Nesse cenário de crescente fusão entre o real e o sintético, observa-se também a emergência de novas formas de vínculo afetivo entre humanos e sistemas de inteligência artificial. Assistentes conversacionais, *chatbots* e agentes generativos capazes de simular responsividade emocional, atenção individualizada e padrões comunicacionais reconhecíveis têm se tornado não apenas ferramentas, mas interlocutores com os quais indivíduos desenvolvem laços subjetivos.

Conforme Dias Almeida *et al.* (2025) apontam, as aplicações voltadas à interação personalizada com agentes digitais são provenientes de plataformas que simulam personagens dotados de memória, traços de personalidade e respostas emocionalmente calibradas. Isso, por sua vez, têm favorecido a criação de vínculos afetivos unidirecionais entre usuários e sistemas automatizados. Esses autores destacam que esse fenômeno exige atenção crítica sobre seus impactos éticos, psicológicos e sociais, especialmente porque tais interações podem gerar percepções de reciprocidade e intimidade que, embora experienciadas como reais pelos usuários, são produzidas por mecanismos computacionais projetados para imitar responsividade humana.

Assim, à medida que esses sistemas passam a ocupar posições tradicionalmente relacionadas ao cuidado, à companhia e à intimidade, tornam-se também agentes de mediação emocional, gerando relações que, embora sintéticas, produzem efeitos psicológicos e sociais reais (Dias Almeida, *et al.*, 2025). Um desdobramento particularmente dessa questão é a criação de agentes digitais

⁵Ver, por exemplo: NGUYEN, Thien; SIPOLA, Tuomo; HAUTAMÄKI, Jari. *Machine Learning Applications of Quantum Computing: A Review*. [S. l.]: arXiv, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34190/eccws.23.1.2258>. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2406.13262>. Acesso em: 30 de out. 2025.

projetados para ocupar funções de afeto, desejo e companhia, muitas vezes de forma explicitamente comercial.

Plataformas especializadas têm desenvolvido personagens artificiais altamente personalizados, capazes de simular traços de personalidade, responsividade emocional e disponibilidade permanente, com o objetivo de estabelecer relações de aparente intimidade com seus usuários (Court, 2024). Alguns desses avatares são concebidos como “parceiros ideais”, com estética cuidadosamente modelada, capacidade de adaptação às preferências individuais e comunicação contínua em múltiplos idiomas. Esse conjunto de atributos tem levado muitos usuários a experimentar conexões subjetivamente intensas, chegando, em alguns casos, a projetar sentimentos amorosos ou acreditar que a entidade sintética corresponde a uma pessoa real (Maeda e Quan Haase, 2024).

O caráter comercial desse tipo de interação torna o fenômeno ainda mais complexo: tais sistemas são estruturados para maximizar engajamento emocional e, conseqüentemente, receita financeira. Empresas responsáveis por esses modelos relatam números expressivos de assinaturas, interações pagas e até mesmo propostas de casamento direcionadas aos personagens artificiais. Nesse contexto, a experiência emocional do usuário deixa de ser um efeito colateral e passa a constituir o próprio produto (Court, 2024).

Isso significa que a realidade sintética deixará de ser apenas uma cópia aprimorada do mundo físico, passando a constituir-se como um meio ambiente autônomo, regido por suas próprias leis e contingências. Em um contexto assim, a fronteira entre o simulado e o existente tende a se diluir ainda mais, e o Direito será desafiado a lidar com manifestações de realidade que não derivam do humano.

Isso porque, conforme explicado por Chiarello de Souza Pinto, Garcia e Rosa (2023, p. 549), com “[...] o avanço das técnicas utilizadas em inteligência artificial, há quem defenda que a relação dos comandos programados com o comportamento final não seja direta, porque o robô aprende com as interações com ele realizadas”. Assim, o debate atual não se concentra na clareza dos resultados produzidos por essas tecnologias – já que não é possível determiná-los, mas na capacidade dos próprios processos tecnológicos de criar e sustentar mundos possíveis.

Se hoje essa transformação já se manifesta a partir de tecnologias amplamente difundidas, como os sistemas de inteligência artificial, o próximo passo tende a ser ainda mais profundo. A chegada da computação quântica promete alterar não apenas a escala e a velocidade do processamento de dados, mas a própria lógica que estrutura o funcionamento das máquinas. Diferentemente dos sistemas clássicos, baseados na lógica binária do “0” e “1”, a computação quântica opera sobre estados simultâneos e probabilísticos, em que múltiplas possibilidades coexistem antes da observação (Sutor, 2019).

Assim, se os dados sintéticos já desafiavam a distinção entre o real e o artificial, a lógica quântica tende a expandir esse campo de indeterminação, permitindo que os sistemas computacionais passem a lidar com o incerto como parte constitutiva do real. A compreensão dessa transformação exige, portanto, observar a transição da lógica binária à lógica quântica, isto é, da representação do mundo em oposições fixas (verdadeiro/falso, legal/ilegal, justo/injusto) para um paradigma que admite superposição, incerteza e coexistência de possibilidades, conforme aprofundado no próximo tópico.

2. DA LÓGICA BINÁRIA À LÓGICA QUÂNTICA

A história da computação começou muito antes da era digital, com os desafios matemáticos propostos por David Hilbert em 1900. Entre seus famosos 23 problemas estava o “problema da decisão” que questionava se seria possível criar um procedimento geral capaz de determinar, de forma automática, se uma proposição lógica é verdadeira ou falsa (Vignatti, *et al*, 2004). Décadas depois, em 1936, Alan Turing apresentou uma resposta a essa questão ao propor a chamada Máquina de Turing, um modelo teórico de computador que definia os limites do que pode ou não ser calculado. Esse modelo se tornou a base de toda a computação clássica, e até hoje todos os computadores digitais seguem seus princípios fundamentais (Vignatti, *et al*, 2004).

Com o tempo, entretanto, percebeu-se que, embora a Máquina de Turing pudesse resolver uma ampla gama de problemas, ela encontrava limitações diante de

certos desafios matemáticos e computacionais, especialmente aqueles cuja resolução exigiria um tempo de processamento impraticável. A busca por alternativas levou ao surgimento de novos paradigmas de computação, como a computação com DNA, a computação membrânica e, entre elas, a computação quântica, que se destacou por apresentar fundamentos teóricos sólidos e promissora viabilidade física (Vignatti, *et al*, 2004).

A computação quântica nasceu, assim, da tentativa de superar as limitações do modelo clássico, a partir de reflexões do físico Richard Feynman, que em 1982 propôs a criação de um simulador capaz de reproduzir, de forma artificial, o comportamento das partículas subatômicas estudadas pela Mecânica Quântica (Frare, *et al*, 2024). A ideia partia da constatação de que os computadores convencionais, baseados em lógica binária (0 e 1), eram insuficientes para modelar fenômenos naturais extremamente complexos. Feynman, então, sugeriu que apenas um computador que operasse segundo as leis da própria física quântica seria capaz de lidar com esse tipo de problema (Sutor, 2019). Nos anos seguintes, especialmente após a publicação dos algoritmos de Peter Shor em 1994, a computação quântica deixou de ser uma hipótese teórica e passou a ter aplicações práticas. (Frare, *et al*, 2024).

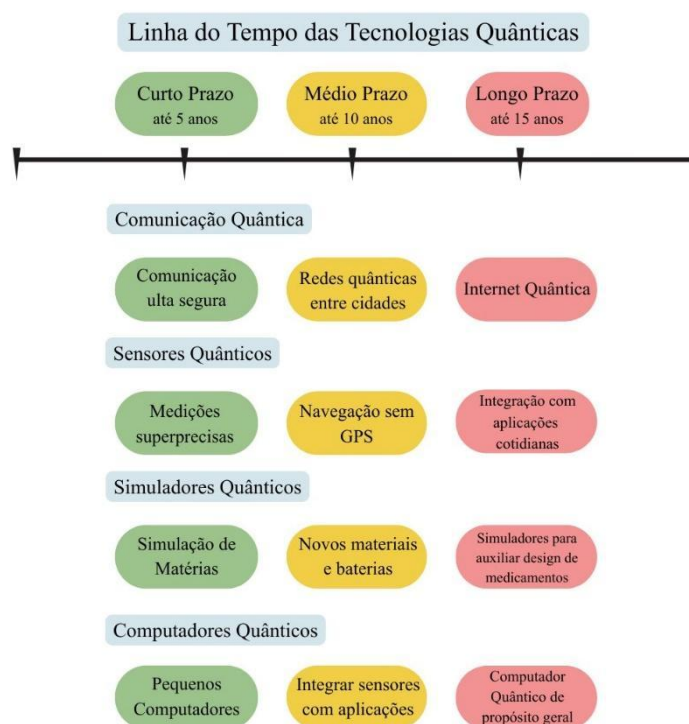
Para compreender o alcance dessas aplicações, é necessário antes compreender os fundamentos que sustentam essa nova forma de processamento. O primeiro conceito se trata do *qubit*, ou *quantum bit*, que, conforme explicado por Sutor (2019), pode ser ilustrado por uma analogia com um interruptor de luz. De acordo com o autor, em um sistema clássico, o interruptor define se a luz está acesa ou apagada, isso por sua vez, corresponderia aos dois estados possíveis de um *bit* clássico: 1, seria ligado ou 0, desligado. Já em um sistema quântico, o *qu-switch* funciona de forma distinta: ele é representado por uma esfera, na qual o polo norte corresponde ao estado de luz apagada e o polo sul ao estado de luz acesa. Ao posicionar o controle em qualquer outro ponto da esfera, a luz não se encontra nem completamente acesa nem apagada, mas em uma superposição de ambos os estados, existindo apenas com certas probabilidades de ser observada em um ou outro (Sutor, 2019).

Embora esses conceitos possam, à primeira vista, parecer distantes da realidade cotidiana, diversas tecnologias já em uso se fundamentam em princípios

quânticos. As chamadas *quantum-based technologies* transformaram significativamente a sociedade e a economia global. Entre os exemplos mais notáveis, destacam-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS), que depende de efeitos quânticos para garantir precisão na navegação; a imagem por ressonância magnética (MRI), amplamente utilizada na área médica; os semicondutores, que constituem a base dos microprocessadores modernos; e os lasers, essenciais para as comunicações ópticas e telecomunicações (Estados Unidos, 2022). Essas aplicações evidenciam que a física quântica não é apenas um campo teórico, mas já sustenta tecnologias essenciais ao funcionamento das infraestruturas contemporâneas.

Essa evolução das aplicações baseadas em computação quântica também pode ser observada na imagem abaixo:

Imagem 1 – Linha do Tempo das Tecnologias Quânticas



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Quantum Flagship; Comissão Europeia (2016, p. 8)

Esta imagem, elaborada pela organização “The Quantum Flagship” (2014), uma das iniciativas de pesquisa e inovação da Comissão Europeia, ilustra o avanço

progressivo das diferentes frentes de aplicação da física quântica - comunicação, simulação, sensores e computação - entre os anos de 2015 e 2035. Nos primeiros cinco anos, as pesquisas estavam projetadas para focar no desenvolvimento de tecnologias fundamentais, como repetidores quânticos e algoritmos para simuladores e redes. A projeção aponta para uma trajetória de implementação de processadores quânticos de pequeno porte e a operação de *qubits* lógicos protegidos por correção de erros. Por fim, o horizonte previsto até 2035 indica a convergência dessas tecnologias em sistemas integrados, culminando na criação de uma internet quântica e de computadores quânticos universais, capazes de executar algoritmos de relevância tecnológica e científica em larga escala.

Essa perspectiva de evolução tecnológica encontra um exemplo concreto nas recentes iniciativas de grandes empresas de tecnologia, como a Microsoft, que anunciou o desenvolvimento de um chip quântico baseado em quasipartículas de Majorana (Bolgar, 2025). Esse avanço está diretamente alinhado à etapa projetada no *Quantum Technologies Timeline*, referente à criação de *qubits* lógicos protegidos por correção de erros, um dos principais desafios para a consolidação da computação quântica em larga escala. Diferentemente dos convencionais, que são altamente sensíveis a ruídos externos e instabilidades, os *qubits* de Majorana possuem propriedades topológicas que lhes conferem maior robustez, tornando-os mais resistentes à decoerência (Sarma, Freedman, Nayak, 2015). Assim, o chip da Microsoft simboliza não apenas um marco técnico, mas também a materialização de uma das etapas centrais previstas no processo de maturação das tecnologias quânticas, ou seja, a transição de experimentos de laboratório para aplicações práticas e escaláveis.

Essa proposta marca uma mudança conceitual na trajetória da computação quântica: se a primeira geração de tecnologias buscava adaptar os princípios da física quântica às estruturas da computação clássica, a atual fase - inaugurada simbolicamente pelo chip de Majorana - procura redefinir a própria noção de *hardware*, criando dispositivos cujo comportamento informacional é inseparável das propriedades fundamentais da matéria. Trata-se, portanto, de uma transição do esforço de correção para o esforço de redescoberta da materialidade computacional, em que o controle da informação passa a ocorrer no nível quântico mais elementar.

A consolidação dessas inovações indica que a computação quântica não representa apenas uma evolução tecnológica, mas uma transformação na forma como a realidade é concebida e processada. Ao operar em níveis probabilísticos e não determinísticos, os sistemas quânticos desafiam os fundamentos clássicos da previsibilidade e da causalidade.

Nesse sentido, a passagem da lógica binária para a lógica quântica inaugura o que se pode chamar de *realidade sintética*, ou seja, um espaço no qual o real, o virtual e o probabilístico se entrelaçam em uma nova forma de organização social. É justamente nesse ponto de inflexão que o Direito se vê convocado a repensar seus próprios paradigmas, tema da próxima seção.

3. O FUTURO DO DIREITO

Diante de uma realidade sintética que se autoatualiza e opera de forma não linear, o Direito precisa redefinir seus fundamentos de legitimidade e controle. A previsibilidade, cede lugar à necessidade de adaptabilidade e resiliência normativa. A regulação das tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e a computação quântica, requer modelos de governança capazes de lidar com o incerto e o emergente. Além disso, a regulação torna-se particularmente complexa quando o fenômeno alvo apresenta características de ubiquidade, estando integrado de forma difusa e contínua nas práticas sociais cotidianas, ou, em outras palavras: é difícil regular algo que está em todo lugar a todo tempo. Assim, valores como transparência, explicabilidade e responsabilidade tornam-se pilares éticos indispensáveis para garantir a legitimidade das decisões automatizadas e das realidades geradas artificialmente.

Nesse contexto, Kop *et al.* (2024) defendem que, enquanto as tecnologias quânticas ainda se encontram em estágio de formação, é essencial promover um debate antecipado e interdisciplinar sobre seus impactos éticos, sociais e regulatórios. Essa antecipação é fundamental para que a sociedade possa moldar o desenvolvimento dessas tecnologias antes que se tornem estruturas consolidadas e, portanto, mais difíceis de regular. Os autores ressaltam que a formulação de princípios normativos

nesse estágio inicial tem como objetivo maximizar os benefícios esperados da inovação quântica, como avanços em computação, comunicação e segurança, ao mesmo tempo em que busca prevenir riscos potenciais relacionados à privacidade, ao poder computacional desproporcional e à desigualdade tecnológica. Assim, os princípios funcionam como um ponto de partida para uma reflexão contínua, capaz de evoluir à medida que as tecnologias amadurecem e suas implicações tornam-se mais concretas.

Essa preocupação não é inédita no campo tecnológico. Situação semelhante foi observada com o advento da inteligência artificial, que também trouxe à tona dilemas éticos, sociais e jurídicos complexos (Chiarello de Souza Pinto e Oliveira, 2023). Nesse sentido, o pensamento de Floridi e Colws (2019) oferecem uma contribuição fundamental ao destacar que o desenvolvimento da IA tem o potencial de gerar tanto benefícios sociais significativos - como eficiência, inovação e melhoria na tomada de decisões - quanto riscos substanciais, como a ampliação de vieses, a erosão da autonomia individual e a opacidade decisória.

Para o autor, o caminho mais desejável para lidar com tais ambivalências depende não apenas de uma regulação robusta, mas também de um enquadramento ético capaz de orientar as ações concretas a partir de princípios normativos sólidos. Floridi e Cowls (2019) enfatizam que não basta enunciar valores éticos ou jurídicos em nível abstrato: é preciso transformá-los em mecanismos institucionais efetivos, incorporados nas práticas técnicas, nos modelos de governança e nas estruturas de responsabilização. Essa visão reforça o papel do Direito como um instrumento que não apenas estabelece limites, mas que orienta e estrutura o uso responsável das tecnologias emergentes.

Um exemplo concreto dessa abordagem adaptativa é o proposto por Atik e Nowag (2019) – o denominado *quantum antitruste* –, que aplica modelos de computação quântica para otimizar remédios antitruste, lidar com múltiplos fatores complexos e contraditórios, combinar opiniões do mercado e atualizar decisões dinamicamente. De acordo com os autores, essa aplicação ilustra como o Direito pode se tornar flexível, interativo e informado por dados, permitindo escolhas mais precisas entre remédios estruturais e comportamentais, implementando medidas dinâmicas que se ajustam conforme o mercado evolui.

De forma análoga, na regulação bancária, sistemas quânticos já estão sendo utilizados para prever falências institucionais e avaliar riscos sistêmicos complexos (Atik, 2022). Por meio de modelos quânticos, é possível criar sistemas de alerta precoce, evitando colapsos financeiros, intervindo de maneira mais eficaz e reduzindo custos decorrentes de ações regulatórias desnecessárias (Atik, 2022). Esses exemplos demonstram como a computação quântica oferece um paradigma de regulação adaptativa, no qual princípios normativos e éticos não apenas orientam decisões, mas são incorporados em modelos técnicos e institucionais, permitindo intervenções mais precisas, dinâmicas e socialmente legítimas.

Assim como Kop *et al.* (2024) enfatizam para tecnologias quânticas em geral, a implementação de *quantum antitrust* exige antecipação regulatória, definição de diretrizes, metas de saída e mecanismos de monitoramento ético antes da aplicação prática, garantindo que a inovação se desenvolva de forma socialmente legítima e ética.

Outra preocupação que emerge da computação quântica diz respeito ao nexo de causalidade, pressuposto da responsabilidade civil. Como explicam Tepedino e Guia Silva (2019), trata-se do elo que une a conduta do agente ao dano sofrido pela vítima, sendo indispensável para que surja o dever de indenizar. Os autores recordam que diversas teorias buscaram explicar esse liame, prevalecendo, na tradição do direito civil brasileiro desde o Código de 1916, tanto na doutrina quanto na jurisprudência, a exigência de que a conduta do agente tenha sido causa direta e imediata do resultado danoso. Tal raciocínio pressupõe uma cadeia causal determinística, na qual é possível, ao menos em tese, remontar do efeito à causa.

Quando se introduz a lógica quântica nessa equação, tal pressuposto entra em colapso. Conforme demonstrado nos itens anteriores, em um sistema quântico, uma decisão, seja a aprovação de um crédito, a alocação de recursos escassos ou a seleção de candidatos, constitui a realização probabilística de uma dentre múltiplas possibilidades coexistentes. Nesse modelo, inexistente um caminho causal único e identificável entre o processamento e o resultado, pois a própria natureza do sistema não é determinística. Surge, portanto, um desafio central para o Direito Civil: a necessidade de imputar responsabilidade em contextos nos quais a causa do dano é

fundamentalmente probabilística, e não o resultado de uma cadeia causal determinística e identificável.

Uma possível resposta reside na reorientação da responsabilidade civil em direção a modelos estruturais centrados no dever de diligência. Nessa perspectiva, conforme sustenta Frazão (2018, *apud* de Teffé e Medon 2020), é possível cogitar de ato ilícito quando o operador adota um sistema sem compreender seu funcionamento, violando o dever de diligência por decisão não informada, ou quando deixa de implementar mecanismos adequados de monitoramento e controle de risco. O próprio defeito de organização, portanto, pode configurar violação a esse dever, ensejando a responsabilidade civil. De Teffé e Medon (2020) complementam essa visão ao esclarecer que o administrador responde tanto pela escolha quanto pelo monitoramento do sistema, sendo o dever de diligência um dever de meio: uma vez cumprido adequadamente, a responsabilidade não será deflagrada mesmo que o sistema cause danos. Transposta essa lógica para o contexto da computação quântica, o desenvolvedor ou operador responderia pelos danos não necessariamente porque causou o resultado de forma direta, mas porque criou e implementou um sistema não determinístico sem adotar as cautelas organizacionais e os mecanismos de controle exigíveis. Trata-se, em suma, de adaptar o instituto da responsabilidade civil à condição de indeterminação estrutural que a lógica quântica impõe ao mundo jurídico.

Para além dos códigos nacionais, a realidade sintética e a computação quântica desafiam o próprio conceito de soberania regulatória. Estados elaboram normas com base em fronteiras territoriais, competências delimitadas e agentes identificáveis. Contudo, sistemas quânticos interligados em rede, capazes de processar informações em múltiplos países simultaneamente, colocam em xeque a efetividade das regulações nacionais. A experiência regulatória da inteligência artificial já evidencia os limites de abordagens unilaterais: conforme demonstrado por Polido (2020) em estudo comparativo, iniciativas regulatórias ao redor do mundo encontram sérios obstáculos quando as plataformas operam de forma distribuída e transnacional. Com a computação quântica, esses desafios tendem a se intensificar, exigindo formas avançadas de cooperação internacional e governança compartilhada.

Nesse cenário, ganham relevância instrumentos de *soft law* e de regulatória baseada em princípios, capazes de orientar comportamentos sem depender exclusivamente de sanções estatais⁶. Princípios como os propostos por Kop *et al.* (2024), ou seja: equidade, explicabilidade, responsabilidade e proteção contra o uso malicioso do poder computacional, podem funcionar como vetores normativos adaptados à escala e à dinâmica das tecnologias quânticas. Importa reconhecer, contudo, que princípios sem mecanismos de controle efetivos correm o risco de se tornarem mera retórica jurídica, desprovida de eficácia social. Por isso, uma agenda regulatória à prova de tecnologias emergentes deve articular princípios éticos com instrumentos concretos de auditoria, certificação e responsabilização dos agentes que desenvolvem e operam sistemas quânticos.

Portanto, pensar o futuro do Direito é compreender sua função constitutiva dentro de uma sociedade informacional: construir condições normativas que permitam a inovação tecnológica sem romper com a base ética que sustenta os direitos fundamentais. Diante da complexidade crescente, o Direito deve ser concebido como um sistema adaptativo complexo, que se retroalimenta e se reconfigura continuamente. Assim como sistemas quânticos operam por superposição e entrelaçamento, a regulação precisa lidar com sobreposições normativas e zonas cinzentas, reconhecendo que a incerteza não é falha, mas elemento constitutivo da realidade contemporânea. Isso exige abordagens experimentais, iterativas e processuais, nas quais a regulação se realiza por aprendizado contínuo, ajustes e monitoramento constante.

Assim como a física quântica revelou que a incerteza é constitutiva do real, o Direito precisa reconhecer que a indeterminação é parte essencial da vida social mediada por tecnologia. A transição para uma realidade sintética não representa apenas um desafio técnico, mas uma reconfiguração do próprio campo jurídico. Diante de um mundo em que o artificial se torna indiscernível do natural, o papel do Direito não será

⁶Sobre o tópico, ver: GUTIERREZ, Carlos Ignacio; MARCHANT, Gary; MICHAEL, Katina. Effective and trustworthy implementation of AI soft law governance. *IEEE Transactions on Technology and Society*, [s.l.], 2021. 10 p. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4031992. Acesso em: 18 de mar. 2026.

o de restabelecer fronteiras fixas, mas o de construir pontes que permitam garantir a legitimidade, a justiça e a dignidade humana em meio à incerteza.

CONCLUSÃO

A emergência da realidade sintética redefine não apenas os limites entre o real e o artificial, mas também a própria forma como o Direito deve compreender o mundo que pretende regular. Se a lógica binária já desafiou o pensamento jurídico estruturado em oposições como lícito/ilícito, sujeito/objeto, fato/norma, a lógica quântica introduz um paradigma em que as fronteiras tornam-se fluidas e as decisões jurídicas precisam lidar com graus de probabilidade, indeterminação e coexistência de possibilidades.

Diante de sistemas capazes de produzir realidades autônomas e decisões não humanas, o Direito é convocado a abandonar a pretensão de controle absoluto e adotar uma postura reflexiva, adaptativa e experimental. A normatividade jurídica passa a operar como um campo de aprendizado contínuo, em que princípios éticos e fundamentos constitucionais devem ser rearticulados em diálogo com a complexidade tecnológica. A incerteza, longe de representar um déficit normativo, converte-se em condição do próprio ato de julgar e regular.

Nesse contexto, o futuro do Direito não deve buscar restaurar a previsibilidade perdida, mas instituir mecanismos de confiança e legitimidade em meio à imprevisibilidade. Isso implica reconhecer essa nova realidade na construção das decisões e normas. A tarefa que se impõe ao jurista, portanto, é a de conceber um Direito que, sem renunciar à ética e à justiça, seja capaz de operar no terreno probabilístico da realidade sintética um Direito que não apenas interprete o mundo, mas aprenda a coexistir com a multiplicidade de mundos possíveis que a tecnologia faz emergir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATIK, Jeffery. **Quantum computing and the legal imagination**. SciTech Lawyer, [s.l.] v. 18, 2022.

ATIK, Jeffery; NOWAG, Julian. **Quantum antitrust**. Loyola Law School, Los Angeles, Legal Studies Research Paper No. 2022-09, 17 p., 2022. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4172345. Acesso em: 27 out. 2025.

BOLGAR, Catherine. **Microsoft's Majorana 1 chip carves new path for quantum computing**. Available at: <https://news.microsoft.com/source/features/innovation/microsofts-majorana-1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing/>. Acesso em: 29 out. 2025.

BRASIL. Tribunal Superior Eleitoral. **Resolução n.º 23.732**, de 27 fevereiro 2024. Altera a Resolução-TSE n.º 23.610, de 18 de dezembro de 2019, dispondo sobre a propaganda eleitoral. Brasília: TSE, fev. 2024. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/legislacao/compilada/res/2024/resolucao-no-23-732-de-27-de-fevereiro-de-2024>. Acesso em 30 de out. 2025.

CHIARELLO DE SOUZA PINTO, Felipe; GARCIA, Lara Rocha; ROSA, Alexandre Morais da. **DIREITO PARA HUMANOS ROBOTIZADOS OU DIREITO DOS ROBÔS HUMANIZADOS?**. Novos Estudos Jurídicos, Itajaí (SC), v. 28, n. 3, p. 536–553, 2023. DOI: 10.14210/nej.v28n3.p536-553. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/nej/article/view/19985>. Acesso em: 14 nov. 2025.

CHIARELLO DE SOUZA PINTO, Felipe; OLIVEIRA, Gabriela Franklin de. **Não acredite em tudo que vê: deepfake pornography e responsabilidade civil no ordenamento jurídico brasileiro**. Direito e Política, v. 18, n. 2, 2023.

COURT, Andrew. **Model Lexi Love makes \$360K a year sexting lonely men — but there's one problem**. 18 jan. 2024. Disponível em: <https://nypost.com/2024/01/18/lifestyle/model-lexi-love-makes-360k-a-year-sexting-men-but-theres-one-problem/> Acesso em: 14 de novembro de 2025.

DE TEFFÉ, C. S., & MEDON, F. (2020). **RESPONSABILIDADE CIVIL E REGULAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS: QUESTÕES ACERCA DA UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMADA DE DECISÕES EMPRESARIAIS**. REI - Revista Estudos Institucionais, 6(1), 301–333. <https://doi.org/10.21783/rei.v6i1.383>

DIAS ALMEIDA M., Lodônio, P. X., Elias Pereira, P. H., & do Prado, H. A. (2025). **Relações parassociais no contexto da inteligência artificial**. Revista Gestão Do Conhecimento E Tecnologia Da Informação, 10(1), 1-9. <https://doi.org/10.31501/rgcti.v10i1.15887>

ESTADOS UNIDOS. **National Quantum Initiative: overview**. Washington, DC: Office of Science & Technology Policy [e outros], 2022. Disponível em: <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2022/04/NQI-Factsheet.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh. **A unified framework of five principles for AI in society**. Harvard Data Science Review, 1 jul. 2019. DOI: 10.1162/99608f92.8cd550d1. Acesso em: 29 out. 2025.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **Synthetic Data: The New Data Frontier**. Genève: World Economic Forum, 2025. Disponível em: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Synthetic_Data_2025.pdf. Acesso em: 29 out. 2025.

FRARE, Vitória Luiza Fernandes; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Ângela. **Uma revisão sistemática da literatura sobre o ensino de Computação Quântica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 46, e20240253, 2024. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0253.

GUTIERREZ, Carlos Ignacio; MARCHANT, Gary; MICHAEL, Katina. **Effective and trustworthy implementation of AI soft law governance**. IEEE Transactions on Technology and Society, [s.l.], 2021. 10 p. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4031992. Acesso em: 18 de mar. 2026.

HOLSTEIN, Barry R. **The mysterious disappearance of Ettore Majorana**. Journal of Physics: Conference Series, v. 173, 012019, 2009. DOI: 10.1088/1742-6596/173/1/012019. Carolina International Symposium on Neutrino Physics. IOP Publishing.

JORDON, James; SZPRUCH, Lukasz; HOUSSIAU, Florimond; BOT TARELLI, Mirko; CHERUBIN, Giovanni; MAPLE, Carsten; COHEN, Samuel N.; WELLER, Adrian. **Synthetic data: what, why and how?** Report commissioned by the Royal Society, [s.l.], 2024. Disponível em: <https://royalsociety.org/>. Acesso em: 29 out. 2025.

JUNQUILHO, Tainá Aguiar; SILVEIRA, Marilda de Paula; FERREIRA, Lucia Maria Teixeira; MENDES, Laura Schertel; OLIVEIRA, André Gualtieri de. (org.). **Construindo consensos: deep fakes nas eleições de 2024 relatório das decisões dos TRES sobre deep fakes**. Brasília: Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa: Laboratório de Governança e Regulação de Inteligência Artificial, 2024. E-book. ISBN 978-65-87546-23-0

QUANTUM FLAGSHIP; EUROPEAN COMMISSION. **Quantum Manifesto: a new era of technology**. Bruxelas: European Commission / Quantum Flagship, 2016. Disponível em: https://qt.eu/media/pdf/93056_Quantum-Manifesto_WEB.pdf. Acesso em: 29 out. 2025.

KOP, Mauritz; ABOY, Mateo; DE JONG, Eline; GASSER, Urs; MINNSEN, Timo; COHEN, I Glenn; BRONGERSMA, Mark; QUINTEL, Teresa; FLORIDI, Luciano; LAFLAMME, Raymond. **Ten principles for responsible quantum innovation**. *Quantum Science and Technology*, v. 9, 035013, 2024. DOI: 10.1088/2058-9565/ad3776. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/2058-9565/ad3776>. Acesso em: 27 out. 2025.

KRSTIĆ, V. **Deepfakes, fake Elvises, and human interpersonal relations**. In: CHANDRA, Y.; FAN, R. (orgs.). Artificial intelligence and the future of human relations. Singapore: Springer, 2025. DOI: 10.1007/978-981-96-7185-4_8. Acesso em: 29 out. 2025.

MAEDA, T.; QUAN HAASE, A. (2024). **When human AI interactions become parasocial: Agency and anthropomorphism in affective design**. In: ACM Conference on Fairness,

Accountability, and Transparency (FAcCT '24), Rio de Janeiro. ACM.
<https://doi.org/10.1145/3630106.3658956>

MAGUEIJO, João. **A brilliant darkness: the extraordinary life and mysterious disappearance of Ettore Majorana, the troubled genius of the nuclear age**. New York: Basic Books, Hachette Book Group, 2009.

MEJIAS, Ulises A.; COULDRY, Nick. **Datafication: how data shapes our world**. *Internet Policy Review*, v. 8, n. 4, 2019. DOI: 10.14763/2019.4.1428.

MOHSENI, Masoud et al. **How to build a quantum supercomputer: scaling from hundreds to millions of qubits**. [S. l.]: arXiv, 31 jan. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/html/2411.10406v2>. Acesso em: 29 out. 2025.

NGUYEN, Thien; SIPOLA, Tuomo; HAUTAMÄKI, Jari. **Machine Learning Applications of Quantum Computing: A Review**. [S.l.]: arXiv, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34190/eccws.23.1.2258>. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2406.13262>. Acesso em: 30 de out. 2025.

NETO, Job Saraiva Furtado; LIMA, Carlos Henrique Moreira. **Enrico Fermi, físico: uma biografia científica de Emilio Segrè**. *Revista Hybris*, v. 5, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/269504.5.2-25>. Acesso em: 30 de out. 2025.

PAREDES, Jose Luis; SMITH, Ethan; DRUCK, Gregory; BENSON, Bevin. **More articles are now created by AI than humans**. *Graphite* [S.l.], 2024. Disponível em: <https://graphite.io/five-percent/more-articles-are-now-created-by-ai-than-humans>. Acesso em: 30 de out. 2025.

POLIDO, Fabrício Bertini Pasquot. **Inteligência artificial entre estratégias nacionais e a corrida regulatória global: rotas analíticas para uma releitura internacionalista e comparada**. *Revista da Faculdade de Direito da UFMG, Belo Horizonte*, n. 76, p. 229, jan./jun. 2020. DOI: 10.12818/P.0304-2340.2020v76p229.

RANA, M. S.; NOBI, M. N.; MURALI, B.; SUNG, A. H. **Deepfake detection: a systematic literature review**. *IEEE Access*, v. 10, p. 25494–25513, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3154404. Acesso em: 30 out. 2025.

RECAMI, Erasmo. **Ettore Majorana: the scientist and the man**. *International Journal of Modern Physics D*, v. 23, n. 14, 2014. DOI: 10.1142/S0218271814300156.

SANTOS, Carlos Alberto dos. **A presença de Majorana na física contemporânea**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 46, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0020>. Acesso em: 30 de out. 2025.

SARMA, Sankar Das; FREEDMAN, Michael; NAYAK, Chetan. **Majorana zero modes and topological quantum computation**. arXiv, Jan. 2015. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1501.02813>. Acesso em: 29 out. 2025.

SUTOR, Robert S. **Dancing with qubits: how quantum computing works and how it can change the world**. Birmingham: Packt Publishing, 2019.

TEPEDINO, G., & da GUIA SILVA, R. (2019). **Desafios da inteligência artificial em matéria de responsabilidade civil**. Revista Brasileira De Direito Civil, 21(03), 61. Recuperado de <https://rbdcivil.emnuvens.com.br/rbdc/article/view/465>

VIGNATTI, André Luís; NETTO, Francisco Summa; BITTENCOURT, Luiz Fernando. **Uma introdução à computação quântica**. Curitiba: Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná, 2004.

YANG, Zuhao; ZHAN, Fangneng; LIU, Kunhao; XU, Muyu; LU, Shijian. **AI-Generated Images as Data Sources: The Dawn of Synthetic Era**. arXiv preprint arXiv:2310.01830, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2310.01830>. Acesso em: 29 out. 2025.

ZUBOFF, Shoshana. **A era do capitalismo de vigilância**. Tradução de George Schlesinger. São Paulo: Intrínseca, 2021.