



Web 3.0, tecnologias relacionadas, e impactos econômicos e tributários no Brasil

Chamada Pública nº ENAP
01/2021

Projeto: Produção de
dados e conhecimento
estratégico na tomada de
decisão da gestão
governamental

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. WEB 3.0 E A TECNOLOGIA <i>BLOCKCHAIN</i>	4
2.1. A EVOLUÇÃO DA WEB	4
2.2. A TECNOLOGIA <i>BLOCKCHAIN</i>	6
2.2.1 Validações das transações e <i>Proof of Work</i> : protocolos de consenso	9
2.2.2 <i>Proof of Stake</i>	11
2.2.3 Gerações de <i>blockchain</i>	14
2.2.4 Tipos de <i>blockchain</i>	15
2.2.5 <i>Smart contracts</i> e expansão da funcionalidade da <i>blockchain</i>	16
2.2.6 <i>Tokenization</i>	16
2.2.7 NFT	18
2.3 DESDOBRAMENTOS DE USO	19
2.3.1 <i>Stablecoin</i>	19
2.3.2 DeFi	21
2.3.3 <i>Parachain</i>	22
2.3.4 Metaverso e evolução dos jogos	22
2.3.5 <i>Decentralized Autonomous Organization</i> – DAO	24
2.3.6 Oráculos	25
3. APLICAÇÕES ATUAIS E EM DESENVOLVIMENTO	27
3.1. ESTADO ATUAL	27
3.2. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES	28
3.3. REGULAÇÃO	30
4. IMPACTOS ECONÔMICOS E TRIBUTÁRIOS NO BRASIL	32
4.1. GERAÇÃO DE RIQUEZA NO MUNDO	32
4.2. ÁREAS DE CRESCIMENTO	32
4.3. AVALIAÇÃO DE IMPACTO ECONÔMICO E DE POTENCIAL TRIBUTÁRIO	33
4.3.1 PIB mundial e brasileiro em 2030	33
4.3.2 Estimativas de tributos sobre geração de riquezas de Web 3.0 e <i>blockchain</i>	34
4.4 GERAÇÃO DE EMPREGOS	35
5. CONCLUSÃO	37

1. INTRODUÇÃO

A internet produziu um nível de conectividade sem precedentes na história e trouxe contribuições relevantes para diversas frentes de atividade econômica e social. Inicialmente, no paradigma conhecido como Web 1.0, os usuários só consumiam os conteúdos, tendo apenas uma limitada capacidade de interação. Ainda assim, essa dinâmica trouxe possibilidades de distribuição de conteúdo em uma escala inédita. A Web 2.0 ampliou o escopo do papel do usuário, permitindo que esses também fossem criadores de conteúdo. Uma grande explosão de criação de conteúdo e de interatividade marcou esse período, redefinindo estratégias de comércio e marketing. Contudo, essa revolução aconteceu em espaços delimitados de plataformas centralizadas por alguns grupos empresariais, em um cenário marcado por sérias constatações de violação de privacidade, e uso inadequado de dados pessoais.

A Web 3.0, nesse contexto, constituiu-se como um paradigma que revolucionou o conceito anterior. Centrado em tecnologias de registro distribuído, tal como a *blockchain*, o paradigma da Web 3.0 tem como uma das suas premissas a descentralização, indo de encontro à concentração de dados em poucas plataformas. O usuário deixa de ser apenas um consumidor e provedor de dados, passando a ter a possibilidade de um papel mais ativo como um criador de consenso e proprietário de diversos tipos de ativos. Há possibilidades de criação de empresas autônomas, com regras transparentes, em que cada proprietário possa votar de acordo com a regra prescrita. Isso tudo aliado ao ganho de eficiência, facilidade na rastreabilidade e melhora na integridade dos dados que a tecnologia potencialmente proporciona.

O presente trabalho examina a Web 3.0 através do estudo da *blockchain*, a principal ferramenta tecnológica que deu forma a esse novo paradigma. Serão apresentados o funcionamento, os principais conceitos e as funcionalidades da tecnologia, discutindo alguns casos práticos que já foram desenvolvidos. Por fim, será apresentada uma estimativa dos impactos econômicos e tributários no Brasil.

2. WEB 3.0 E A TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

2.1. A EVOLUÇÃO DA WEB

A evolução da internet é notória. Enquanto, no início, ela estava bastante restrita a certos *mainframes* conectados, hoje se constituiu como uma rede que, praticamente, não encontra limites, alcançando desde os sistemas informacionais mais sofisticados até diversos equipamentos portáteis, como o *smartphone*. As evoluções do uso da web passaram por fases distinguíveis, que foram denominadas como Web 1.0, Web 2.0 e, finalmente, Web 3.0. As definições de Web 1.0 e Web 2.0 são relativamente uniformes, mas as que dizem respeito ao conceito de Web 3.0 são mais indefinidas.

Primeiramente, importa ressaltar que o termo Web, usado para denotar o conjunto de paradigmas da internet, é, a rigor, inadequado, já que Web, na realidade, origina-se da tecnologia *World Wide Web*, que, por sua vez, trata do conjunto de tecnologia de hipertextos¹, consistindo em documentos e links (CERN, 1992). Entretanto, o termo Web tornou-se, basicamente, um sinônimo de todo esse conjunto de tecnologias que conectam pessoas, sistemas e aparelhos.

A Web 1.0 trata da primeira geração desse paradigma da internet, compreendendo o período entre 1990 e 2005. Esse paradigma denotou os estágios iniciais da internet e criou um ambiente que possibilitou a publicação de conteúdo acessível por qualquer um, em qualquer lugar. Contudo, a criação, a manutenção e a hospedagem de sítios que continham tais conteúdos não eram uma atividade simples e, dessa forma, tinham uma limitação natural para os publicadores de conteúdo. Ademais, os conteúdos não dispunham de técnicas mais dinâmicas de publicação, dificultando uma atualização mais rápida ou uma interação com os usuários. A Web 1.0 também é conhecida como o paradigma do “Modo Leitura”, pois a funcionalidade é centrada apenas na visualização de conteúdo. Apesar dessa limitação, a distribuição sem precedentes de conteúdos abriu novas possibilidades de negócios, e novas funcionalidades foram implementadas para explorar ainda mais esses potenciais (IP CAPITAL PARTNERS, 2021).

A Web 2.0 foi resultado de diversas evoluções de tecnologias já existentes na Web 1.0. O termo foi cunhado pela primeira vez pelo Dale Dougherty em 2004. Conhecido como “Modo Escrita e Leitura”, a Web 2.0 tem como base os conteúdos gerados por usuários através das redes sociais (KREPS; KIMPPA, 2015; SILVA, 2022). Todas essas plataformas

¹ Manifestado tecnologicamente pelo protocolo *Hyper Text Transfer Protocol* – HTTP.

guardavam informações de maneira centralizada, controlavam o fluxo dessas informações e as ofertavam em tempo real e de maneira eficiente (IP CAPITAL PARTNERS, 2021).

Apesar de grandes avanços, a Web 2.0 apresentou falhas. Além das problemáticas que envolvem as questões de privacidade e concentração de mercado, no relatório de gestão da IP Capital Partners, Chris Dixon aponta que a centralização limita a inovação do setor (IP CAPITAL PARTNERS, 2021). Quando um serviço inicia as suas atividades, variadas concessões são dadas para os usuários, e várias funcionalidades são introduzidas ativamente. Na medida em que a quantidade relativa de novos usuários diminui, sinalizando uma maturação, novas funcionalidades deixam de ser introduzidas, ou novas restrições são impostas aos usuários. Em suma, a inovação se torna uma iniciativa que depende exclusivamente da plataforma dominante, que provavelmente pretende beneficiar muito mais as plataformas do que o usuário.

A Web 3.0 é um termo que foi cunhado em 2006 por John Markoff e ficou mais conhecida como a “Web semântica”. Porém, também foi vista como a “Web transcendente” ou “Web das coisas” (RUDMAN; BRUWER, 2016). Entendeu-se que os conteúdos criados e espalhados estariam mais conectados e agregados de uma maneira mais inteligente, semântica, mas a definição continuou pouco clara (HIREMATH; KENCHAKKANAVAR, 2016).

Contudo, recentemente, a Web 3.0 ganhou contornos como uma antítese da centralidade da Web 2.0, sendo cada vez mais definida como a “Web descentralizada”, ou seja, sem ter uma autoridade central que controla as informações (ANDREESSEN HOROWITZ, 2021; IP CAPITAL PARTNERS, 2021; PORTILHO, 2022; TURI, 2020). Se a Web 2.0 é marcada pela centralidade de plataformas, a Web 3.0 seria baseada, principalmente, na tecnologia *blockchain* ou *Distributed Ledger Technologies* – DLT, que possibilita o estabelecimento de uma rede descentralizada, sem um controlador central, o que, por sua vez, permite registros e programação de funcionalidades imutáveis, transparentes e rastreáveis (IP CAPITAL PARTNERS, 2021).

Tabela 1 – Comparação entre Web 2.0, Web 3.0 e situação brasileira

	Web 2.0	Web 3.0	Situação Brasileira	
Plataforma	Estrutura organizacional	Centralizado e decisões baseados em valor ao adonista	Gerido pela comunidade, usando DAO. Tokens emitidos dentro da comunidade para a governança, com decisões baseados em consenso	Iniciativas como a AlmaDAO: https://www.almaDAO.xyz
	Armazenamento	Centralizado	Descentralizado	
	Plataforma	PC/ Realidade Virtual/ Mobile	PC/ Realidade Virtual/ Mobile + Realidade Virtual e Realidade Argumentada	
	Estrutura de pagamento	Meios de pagamento tradicional (cartão de crédito, ebay, pix)	Carteiras Cryptos	BitCointoyou: https://bitcointoyou.com
Iteração	Propriedade de bens digitais	Válido somente dentro da plataforma centralizada	Mediante NFT	Snackclub - comunidade gamer na blockchain
	Portabilidade de bens digitais	Não é possível transferir	Transferível	https://www.snackclub.gg/ , lida também com NFTs e tokens, parceria MIBR (time profissional de e-sports brasileiro) com Bybit (corretora de criptomoeda), e Xis (organização de e-sports brasileiro) com OG (plataforma de jogos com blockchain)
	Criadores de conteúdo	Desenvolvedores e estúdios de jogos	Desenvolvedores e estúdios de jogos + Comunidade	
	Atividades	Socialização, Jogos multiplayer, Stream de jogos, e-sports	Socialização, Jogos multiplayer, Stream de jogos, e-sports + Jogue e ganhe (play to earn) e experiências	
	Identidade	Avatar dentro da plataforma	Soberania da pessoa e identidades transferíveis entre plataformas. Anônimo	
Comercial	Pagamento	Moedas dentro da plataforma	Criptomoedas e tokens	BitCointoyou: https://bitcointoyou.com/ , e iniciativas incipientes em alguns estabelecimentos (ex. Parque Hotel Holambra https://parquehotelholambra.com.br/)
	Receita por conteúdos	Parcela da receita vai para a plataforma, por exemplo 30% do valor de venda	Peer to peer, desenvolvedores recebem diretamente de vendas. Jogadores podem ganhar jogando e participando na governança da plataforma. Royalties para negociações secundárias de NFTs para os criadores	

Fonte: (JP MORGAN, 2022) e elaboração própria

2.2. A TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

Como apresentado, no paradigma da Web 3.0, a aceção mais moderna tem como premissa a descentralização. Nesse sentido, a tecnologia que dá suporte para esse paradigma é a *blockchain*. Esse sistema é baseado em modelos de rede distribuída e descentralizada, empregando criptografias e teoria de jogos para sustentar seu funcionamento. A *blockchain* foi levada ao conhecimento público mais amplo através do Bitcoin².

O Bitcoin surgiu no contexto de crise americana de 2008, quando uma aposta duvidosa do mercado financeiro em ativos imobiliários causou um colapso financeiro, a

² O termo Bitcoin pode apontar tanto para a denominação da criptomoeda quanto para a estrutura *blockchain* em que essa moeda é transacionada. Para fins deste trabalho, o termo Bitcoin será usado para designar a plataforma *blockchain*.

famosa crise do *subprime*, que culminou na falência da tradicional instituição Lehman Brothers. Portanto, o Bitcoin e o conceito de *blockchain* ganharam notoriedade em um momento no qual a confiança no *establishment* financeiro estava profundamente abalada. O protocolo do Bitcoin foi proposto pelo autor (ou autores) de pseudônimo Satoshi Nakamoto, sob o título "*Bitcoin: a per-to-peer eletronic cash system* (NAKAMOTO, 2008).

Na sistemática atual do sistema financeiro, quando há uma transferência de valor de um para o outro, sempre há a necessidade de um agente intermediário que registra os valores e executa a operação desejada. A complexidade aumenta quando os valores são transmitidos entre dois ou mais bancos, cada um necessitando de um complexo sistema de registro de entrada e saída para manter a integridade dos valores monetários. Cada ente procura garantir a integridade dos dados desses registros, e cada um confia nos dados de registros do outro. O Bitcoin traz uma proposta que altera profundamente essa dinâmica. Baseado na técnica de *blockchain*, ele elimina a necessidade desses intermediários, integrando todas as informações e operações em uma única rede de informação distribuída. Cada um dos participantes da rede, denominados como nós, nodes ou *ledger*, possui uma cópia completa dos registros realizados de forma atualizada. Cada transação se torna um bloco de informação, e as informações são encadeadas usando-se técnicas de criptografia (UHDRE, 2021).

O nome *blockchain* é derivado da forma de funcionamento dessa tecnologia. O termo *block* indica os blocos de informações, que no caso da *blockchain* seriam as informações das transações realizadas, e o termo *chain* indica que esses blocos são encadeados. Uma vez que esses blocos são encadeados em uma certa ordem, usando técnicas de criptografia para tal, eles são imutáveis, e essa estrutura dá o suporte para a validação das transações, conforme será visto adiante. Em outras palavras, o Bitcoin, bem como uma boa parte das plataformas de criptomoedas, nada mais é do que o registro de transações entre os usuários, um grande livro razão. Não por menos, essa estrutura é conhecida como *Distributed Ledger Technology* – DLT, ou, em tradução livre, Tecnologia de Livro Razão Distribuída. A *blockchain*, tecnologia em que o Bitcoin se baseia, é um tipo de DLT. Apesar de a *blockchain* apontar as tecnologias de registros compartilhados baseadas em blocos encadeados, enquanto o DLT indica todas as tecnologias que visam à distribuição descentralizada de registros, o termo *blockchain* é usado como um sinônimo de DLT (UHDRE, 2021).

O Bitcoin é, portanto, a primeira forma proeminente de *blockchain* que ganhou notoriedade e escala, a ponto de criar uma expectativa de paradigma tecnológico, a Web 3.0. A criptomoeda continua relevante, sendo a mais negociada atualmente, conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Dez maiores criptomoedas por capitalização, segundo dados coletados em 7 de julho de 2022

Moeda	Preço (USD)	Mnt. Capitalizado (bilhão USD)	Qtd. Moedas
Bitcoin BTC	20.921,29	399,34	19,09M
Ethereum ETH	1.222,09	148,42	121,44M
Tether USDT	1,00	65,95	65,99B
USD Coin USDC	1,00	55,55	55,8B
BNB BNB	240,24	39,23	163,28M
Binance USD	1,00	17,57	17,55B
XRP XRP	0,34	16,28	48,34B
Cardano ADA	0,47	15,9	33,74B
Solana SOL	38,29	13,16	343,78M
Dogecoin DOGE	0,07	9,31	132,67B

Fonte: cryptoslate.com

Importa ressaltar que o Ethereum, a plataforma *blockchain* que tem o Ether como a criptomoeda representante e a segunda mais negociada, tem funções múltiplas e não se limita ao controle da citada criptomoeda. A plataforma também é bastante usada para emissão de *Non-Fungible Tokens* – NFT, programação de contratos inteligentes, ou *smart contracts*, e *tokens* customizados. Já a plataforma Bitcoin não foi concebida com essa expansibilidade, focando apenas na transação da criptomoeda, o Bitcoin. Várias aplicações discutidas neste trabalho, portanto, muitas vezes tem o Ethereum para base de desenvolvimento, mas há outras plataformas que também possibilitam esses outros usos³.

³ Plataformas como IBM Blockchain, Hyperledger Fabric, Hyperledger Sawtooth, R3 Corda também são plataformas populares de programação em *blockchain*: <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/Top-9-blockchain-platforms-to-consider>

Conforme será explicado, o Bitcoin (bem como várias outras *blockchains*) se caracteriza pela imutabilidade, transparência e descentralização da validação, e esse “espírito”, por assim dizer, é o que caracteriza essa nova frente de tecnologia⁴.

A fim de transacionar nas plataformas de *blockchain*, ou para participar como minerador ou como qualquer outro tipo de agente, os usuários precisam de uma identificação. As plataformas *blockchain* usam, de maneira geral, técnicas de autenticação e assinaturas digitais baseadas em criptografia, sendo o *Public Key Infrastructure* – PKI usado comumente. Contudo, nas plataformas mais comuns de *blockchain*, além desse aspecto da autenticação, a identidade dessas assinaturas é anônima. Vale ressaltar que essa proteção não é completa, pois é possível rastrear as informações do usuário por meios externos à plataforma (DE HARO-OLMO; VARELA-VACA; ÁLVAREZ-BERMEJO, 2020).

2.2.1 Validações das transações e *Proof of Work*: protocolos de consenso

Um dos fundamentos mais importantes da *blockchain* é o mecanismo de validação. Como a rede *blockchain* é distribuída e muitas vezes descentralizada, é necessário haver alguma forma de assegurar uma validação de dados sem que seja preciso uma autoridade central. Também conhecido como problema dos generais bizantinos, a questão de obter o consenso quando não há uma autoridade, determinando qual o ato correto, é um problema das redes descentralizadas. A simples distribuição do registro de transações, portanto, não é suficiente para estabelecer uma rede de confiança sobre a veracidade das transações efetuadas. Dessa forma, é necessário ter alguma forma de validação das transações.

A falta de mecanismo de validação cria chances de fraude. Por exemplo, um indivíduo A poderia afirmar que pagou a um indivíduo B uma quantia de 100 moedas, registrando no livro razão de B essa transação, porém sem informar o restante da rede. Isso faria com que B acreditasse que A pagou as 100 moedas, mas o restante da rede acreditaria que A continuaria com as 100 moedas, já que tal rede não teria a transação de A para B nos seus respectivos livros razão. Para garantir a confiabilidade das transações, as tecnologias de *blockchain* usam algum protocolo de consenso, ou seja, a

⁴ Importante notar, contudo, que a imutabilidade, a transparência e a descentralização, ainda que sejam características do Bitcoin, não são inerentes a todas as *blockchains*. Conforme será visto, essas características podem ser alteradas conforme a necessidade da aplicação.

validade ou não de uma transação é determinada pela opinião majoritária. No caso do Bitcoin, é usado o protocolo de consenso da Prova de Trabalho, ou *Proof of Work* – PoW.

O PoW, no caso do Bitcoin, funciona empregando o *hash*, que é uma função criptográfica. O algoritmo *hash* é uma função que, ao inserir uma quantidade de dados quaisquer, um texto, por exemplo, retorna uma sequência de números hexadecimais praticamente única e delimitada no tamanho. Uma letra ou uma vírgula a mais no texto de entrada muda completamente a saída. Além disso, reverter a operação de uma função *hash* (deduzir a entrada observando a saída da função) é considerado praticamente impossível, pois a única forma conhecida para a solução é a tentativa e erro, e a quantidade de tentativas necessárias na força bruta é mais do que astronômica⁵.

Voltando para o Bitcoin e a confiabilidade das transações, primeiramente alguém deve anunciar uma transação, por exemplo, “A” pagar 100 moedas para “B”. Para que essa transação possa ser validada, é necessário anexar um código de números a esse registro de transação, de uma maneira que a função *hash* dessa transação, anexada a essa sequência de números, resulte em uma sequência de binários cujos primeiros “n” números (quanto maior o “n”, mais difícil será a resposta) seja exatamente zero. Apesar de parecer arbitrário, encontrar um código de número especial que retorna essa sequência de zeros requer um processamento computacional intenso, pois não há método matemático conhecido para encontrar tal código sem que seja por tentativa e erro.

Esse esforço computacional é chamado de mineração, e os agentes que realizam essa mineração são conhecidos como mineradores ou *miners*. Os mineradores competem para serem os primeiros a encontrar o código e, quando encontram, são recompensados pelas moedas criptográficas. A ideia é de que, ao requerer um esforço computacional intenso para validar uma transação, seria mais custoso forjar uma outra.

Para complementar o PoW, o protocolo ainda preconiza que será considerada válida a cadeia mais longa, ou seja, a cadeia que tiver o maior acúmulo de esforço computacional. Conforme explicado, na tecnologia *blockchain*, os blocos de transações são encadeados de maneira imutável. Para cada bloco de transações, uma operação de PoW é realizada, e cada bloco contém um identificador (um *hash*) dos blocos anteriores embutidos. Dessa maneira, a execução da operação de PoW é realizada não somente sobre as transações de um bloco, mas incorporando as transações do bloco anterior. Isso

⁵ O Bitcoin usa o padrão SHA-256 para fazer o *hash* dos blocos e registros, e retorna uma sequência de números hexadecimais de 64 dígitos.

significa que a ordem e a sequência das cadeias também são protegidas por esse método, o que garante a imutabilidade das transações no Bitcoin.

Todo esse aparato do esforço computacional tem o objetivo de impossibilitar a fraude. Afinal, para que seja possível validar uma transação, é necessário o emprego de cálculos computacionais custosos. Por exemplo, no caso de A pagar para B uma quantia de 100 moedas, mas querer fraudar B, ele só escreve essa transação no “livro razão” de B, deixando de escrever no resto da rede. Para tal, A precisa empregar um PoW só para registrar essa única transação de B, gastando recursos computacionais. Em um primeiro momento, B poderia ficar com dúvida se a transação foi válida, mas logo saberia que tem alguma inadequação, pois a cadeia sem fraude seria formada paralelamente, contando com um contingente muito maior de mineradores, com um poder computacional agregado elevado. Dessa maneira, para que uma fraude pudesse prosperar, seria necessário que o fraudador tivesse o domínio de mais que 50% do total de poder computacional da rede, o que é extremamente improvável para redes mais consolidadas, como é o caso do Bitcoin.

2.2.2 Proof of Stake

Entretanto, devido a essa necessidade intensa de recurso computacional, além da limitada velocidade para a transação, o PoW é um método que recebe críticas. Esse intenso recurso computacional tem como consequência um alto consumo de energia elétrica, e estimativas mais elevadas comparam o nível de consumo total da rede Bitcoin ao consumo total de energia na Áustria, algo equivalente a 8,2GW (SALEH, 2020). Como comparação, o Brasil consumiu cerca de 65GWm em 2021 (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2022), ou 12,5% da estimativa apresentada. Já a busca pelo maior poder computacional incentivou a criação de aparato computacional que tem como propósito exclusivo a mineração, e os equipamentos exauridos ou obsoletos causam problemas de lixo eletrônico. Além disso, há dúvidas sobre a capacidade de se atingir o constante consenso nos modelos de PoW (BIAIS *et al.*, 2019)

As criptomoedas também enfrentam um problema de escalabilidade. Quanto mais o uso de uma moeda intensifica, com mais usuários, mais transações por segundo, as TPS, seriam necessárias para que a rede fosse viável. O Bitcoin, que usa o protocolo PoW, processa cerca de 4,6 TPS, e a Ethereum (rodando em protocolo PoW) faz cerca de 15TPS, enquanto redes tradicionais, como a Visa, transacionam 1.700 TPS. A tecnologia *blockchain*, dessa forma, é considerada lenta, sendo um problema técnico que precisaria ser superado (CASTOR, 2022; L., 2019).

Uma alternativa ao PoW, que melhoraria os aspectos de gasto de energia e escalabilidade seria a Prova de Aposta, ou *Proof of Stake* – PoS. O PoS foi uma metodologia de consenso proposta inicialmente em 2011, em um fórum on-line chamado BitcoinTalk, e, em tese, seria a forma de construção de consenso do Ethereum. Contudo, a implementação foi considerada impraticável (CASTOR, 2022).

O termo *stake*, ou aposta, indica o modo em que ocorre a validação das transações. Ao invés de depender de trabalho de mineradores, com o emprego de intensos recursos computacionais, a tarefa de atualização recai em algum dos participantes da rede, chamados de validadores, que deverá deixar à disposição uma certa quantidade de moeda da *blockchain*. Esse ato de disponibilizar uma quantia de moeda é o que origina o termo *stake* no PoS, pois o validador deixa em risco o seu patrimônio em criptomoedas. Os validadores são selecionados de maneira aleatória, seguindo uma certa metodologia⁶, e são eles que devem validar a transação. Ao executar uma validação, o validador recebe uma recompensa em criptomoedas. Contudo, se for verificado algum erro do validador, validando uma transação inválida, ele perde as moedas que deixou à disposição. O racional é que esses agentes validadores têm incentivos ao fazerem uma atualização de cadeia sem fraude, discórdia ou erros, já que não seria do interesse deles perder as moedas disponibilizadas. Como não há esforço computacional, o consumo da energia é substancialmente menor e a velocidade de validação de cadeia também é maior do que no PoW, o que aumenta a escalabilidade da moeda.

Apesar de inicialmente o PoS não ser adotado no Ethereum, uma *blockchain* bastante popular, a plataforma atualmente está implementando a transição para o PoS⁷ (CONWAY, 2022), por conta das desvantagens discutidas do PoW. Segundo a fundação, essa transição fará com que as transações usem 99% menos energia e permitirá até 100.000 TPS. Para se tornar um validador no Ethereum, seria necessário deixar em *stake* 32 ETH, a moeda do Ethereum, o que equivale a US\$ 39 mil na cotação atual⁸ (CASTOR, 2022). Outras moedas populares, como Solana, Terra e Cardano, usam essa metodologia como mecanismo de consenso (NAPOLETANO; CURRY, 2022).

⁶ O percentual de chance de ser chamado pode ser proporcional à quantidade de *stake*. Mas há discurso para isso ser conjugado com o tempo em que o validador deixou a moeda em *stake*.

⁷ Conforme o site da fundação Ethereum, isso ocorreria no terceiro ou quarto trimestre de 2022. [The Merge | ethereum.org](https://www.ethereum.org/en/roadmap).

⁸ Cotação do dia 21 de maio de 2022, segundo o site da Binance.

2.2.2.1 Riscos do PoS e desafios do Ethereum

O problema do modelo PoS, contudo, é que, ao contrário do modelo PoW, a condição de ser validador é adquirível monetariamente, ao invés de requerer um investimento e manutenção de um aparato computacional como no PoW. Ou seja, enquanto para conseguir a dominância sob o modelo PoW é necessário um investimento inicial (equipamentos computacionais) e ainda suportar o custo de manutenção (consumo de energia), no modelo PoS basta o custo inicial de aquisição das moedas. Além disso, há um incentivo natural para a concentração e centralização de moedas, já que adicionar um bloco na cadeia rende moedas como recompensa. Adicionalmente, concentra e centraliza o papel do validador.

Entretanto, há argumentos de que essa concentração seria muito difícil de alcançar, já que seria necessário ter uma quantidade de moeda muito elevada, ou acima de 50% do valor de capitalização da moeda. No Ethereum, por exemplo, seriam necessários cerca de US\$ 180 bilhões de dólares em *stake* para dominar a rede, conforme dados de capitalização de mercado da Tabela 2, apesar desse valor ser bastante volátil.

Apesar das aparentes vantagens, a transição para o PoS do Ethereum traz riscos. O PoS é um protocolo que ainda não foi testado na mesma dimensão que o PoW. Há o risco de duplicação da rede do Ethereum, ou seja, a rede PoW do Ethereum ser dominada por um grupo, criando uma rede competidora⁹. A transição do Ethereum tem como objetivo de melhorar a escalabilidade, uma das bases do que é conhecido como o trilema do *blockchain*. Essa proposição dita que os *blockchains* precisam equilibrar os requisitos entre a descentralização, escalabilidade e segurança, sendo que não é possível alcançar a perfeição em todos esses quesitos (CERTIK, 2019). O que se aponta, portanto, é que a Ethereum estaria fazendo um *trade-off*, sacrificando a segurança e a descentralização em favor da velocidade da rede.

2.2.2.2 Outros protocolos alternativos

Além desses protocolos de consenso, existem protocolos alternativos, como *Delegate Proof of Stake* – DPoS, *Practical Byzantine Fault Tolerance* – PBFT, Ripple

⁹ Coisa similar já ocorreu com o caso do *The DAO*, conforme detalhado na seção correspondente.

(ZHANG; LEE, 2020), *Federated Byzantine Agreement, Proof of Value – PoV, Proof-of-Elapsed-Time – PoET*, entre outros (TURI, 2020).

2.2.3 Gerações de *blockchain*

Apesar de discórdias na forma de classificação, há um consenso de que a *blockchain* passou por gerações com fases distinguíveis. Muitos autores apresentam três gerações (EFANOV; ROSCHIN, 2018), mas outros apresentam quatro (BODKHE *et al.*, 2020).

A *blockchain* 1.0 seria a primeira geração e estaria centrada na ideia de realizar pagamento e gerar moedas. A *blockchain* 2.0 introduziu os *smart contracts* e serviços financeiros e visava ao desenvolvimento de mais cenários de aplicação do *blockchain*. Ela nasceu com o lançamento da plataforma Ethereum, que permitiu a inserção desses pequenos programas nas cadeias. Isso possibilitou a criação de programas que funcionavam como contratos, dentro do âmbito das criptomoedas, e seu foco estava nas aplicações financeiras. Por sua vez, a *blockchain* 3.0 expandiu o conceito anterior, introduzindo a ideia de aplicação distribuída, ou seja, indo além do uso financeiro, sendo utilizada, por exemplo, nas áreas de saúde, governança, *Internet of Things – IoT*, suprimento, cidade inteligentes, entre outras. A *blockchain*, dessa forma, deixaria de ter uma aplicação puramente financeira, possibilitando a criação de uma plataforma generalizada, herdando, em grande parte, aquelas características que marcaram o Bitcoin, tais como a imutabilidade, a transparência e a descentralização (EFANOV; ROSCHIN, 2018).

Já a *blockchain* 4.0 ainda é uma geração em construção, sem uma clara caracterização ou conceituação. Contudo, uma das ideias principais é a introdução de Inteligência Artificial, com o fim de reduzir a gestão humana e, possivelmente, pode ser usada para melhorar os mecanismos de consenso e a eficiência energética. Mas há sugestões de que a *blockchain* 4.0 seja baseada no conceito de *Blockchain as a Service – BaaS*, similar ao conceito de *Software as a Service – SaaS*, ou seja, seriam disponibilizadas plataformas na nuvem possibilitando uma estrutura *blockchain* para alcançar certas demandas por essa tecnologia. Ademais, outros autores apontam que, na geração 4.0, seria alcançada uma maior massificação das tecnologias *blockchain* (UHDRE, 2021).

2.2.4 Tipos de *blockchain*

Até o momento, a explicação sobre a tecnologia de *blockchain* teve como foco o desenho do Bitcoin. Nesse sentido, o Bitcoin é tido como uma rede transparente, pois o registro é aberto, sem intermediários, imutável, com uma alta confiabilidade de dados. Contudo, é possível criar diversas variantes de modelos de registros distribuídos, a depender se o protocolo desenhado é aberto ou não ao público (público ou privado), ou dos níveis de permissões para adicionar informações à cadeia de registros. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE organizou uma categorização dessas tecnologias, conforme Tabela 3 (OCDE, 2022):

Tabela 3 – Tipos de *blockchain*

		Leitura	Gerar registros	Validar
Público	Não permissionada	Todos	Todos	Todos
	Permissionada	Todos	Apenas participantes autorizados	Todos ou uma parte dos participantes autorizados
Privado	Não permissionada	Restrito para participantes autorizados	Todos os participantes autorizados	Todos ou uma parte dos participantes autorizados
	Permissionada	Restrito	Apenas o operador	Apenas o operador

Fonte: OCDE, 2022.

Basicamente, a categorização da OCDE foca em dois aspectos: possibilidade de participação e possibilidade de escrita nos registros. Se houver possibilidade irrestrita de participação, ela é uma *blockchain* pública ou aberta, como o Bitcoin ou Ethereum. Se existir algum tipo de restrição, é uma *blockchain* privada ou fechada. Além disso, a possibilidade de escrita na cadeia de registros (permissibilidade) também é um fator importante para categorizar as *blockchains*. Caso existam restrições na possibilidade de gerar registros (escrita) ou de validar as cadeias de *blockchain*, trata-se de uma *blockchain* permissionada, ou, do contrário, de uma não permissionada.

Essa possibilidade de variação aponta que essa técnica pode ser ajustada para atingir os objetivos específicos de quem a desenha, atendendo à necessidade de grandes corporações ou governos, e pode se distanciar da visão mais libertária da tecnologia, ou

seja, uma rede sem intermediário, sem autoridade central e compartilhada. Por exemplo, seria perfeitamente possível criar uma *blockchain* apenas para alguns participantes restritos, em que houvesse uma autoridade central de controle de registro e existisse sigilo nas transações. Isso aponta, na realidade, que a tecnologia tem uma amplitude e um potencial de uso que não se limitam à criação de uma moeda (UHDRE, 2021).

2.2.5 *Smart contracts* e expansão da funcionalidade da *blockchain*

Em suma, algumas características apresentadas pela *blockchain* a transformam em uma plataforma atraente para o desenvolvimento de novas soluções, principalmente para instituições financeiras e outras redes transacionais. A *blockchain* é considerada segura, utilizando técnicas de distribuição e validação por criptografia, com registros confiáveis. É tida como eficiente do ponto de vista de custo e processamento, pois usa registros distribuídos, com reduzido custo para reconciliação, verificação e transferência de dados. Por fim, ela é transparente, e isso auxilia na auditoria dos dados e na rastreabilidade das operações, que são imutáveis e seguras, aumentando a eficiência e diminuindo custos de controle e governança.

A *blockchain* ainda conta com uma ferramenta que expande consideravelmente as possibilidades de aplicação, os *smart contracts*, que nada mais são do que pequenos programas de computador inseridos dentro de uma *blockchain*, sendo automaticamente executados para realizarem diversos trabalhos, ao usarem a própria estrutura provida pela plataforma de moeda criptográfica. Dessa forma, o programa também tem uma resistência inerente contra alterações não autorizadas. Ela possibilita a expansão das plataformas além da simples representação de valores, permitindo, por exemplo, a codificação de uma transferência automática de valor quando uma condição for atendida, tais como a entrega de um produto, a chegada de uma data específica, algum indicador de inflação que atingiu um certo patamar, entre outros (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2020a).

2.2.6 *Tokenization*

Token indica alguma medida de valor. Nas *blockchains* de primeira geração, o *token* que existia era geralmente a denominação da moeda. Logo, no caso do Bitcoin, o *token bitcoin* era o *token*. Essas moedas seriam as “moedas nativas”. Contudo, com os avanços das gerações e incorporações dos *smart contracts*, tornou-se possível a expressão de diversos tipos de *tokens*, efetuando diversos tipos de funções e, assim,

abrindo caminho para diversos tipos de usos. Tasca (2019) chama essas outras representações como *crypto tokens*. As “moedas nativas” e os *crypto tokens* são comumente classificados em três classes: *Payment* (pagamento); *Utility* (utilitário); e *Asset/Debit* (ativo ou dívida) (TASCA, 2019).

A classe de *tokens* de pagamento seria aquela que simula uma unidade de valor monetária, tal como o Bitcoin. A classe de *tokens* utilitários tem a função de servir como meio para obtenção do acesso a aplicações ou serviços dentro de uma infraestrutura *blockchain*. A classe de *tokens* de ativos representa algum tipo de ativo, um valor mobiliário, uma ação, entre outros.

Os *crypto tokens* são criados a partir de um protocolo *blockchain* já existente, não sendo necessário montar toda uma estrutura para criar uma medida de valor. Um *token* pode ser basicamente uma outra criptomoeda valorada e operada paralelamente a uma “moeda nativa”. Esses *tokens* podem ter regras próprias de uso, programado através de *smart contracts*. Um dos ambientes mais usados para criar esses *crypto tokens* é o Ethereum, e nessa plataforma é possível empregar certos padrões¹⁰, o que possibilita a negociação desse *token* em bolsas especializadas de criptoativos.

Uma forma de uso dos *tokens* é no desenvolvimento de novas *blockchains*. Os desenvolvedores que desejarem criar sua própria “moeda nativa”, antes de desenvolverem a sua própria plataforma *blockchain*, podem realizar o *Initial Coin Offering* – ICO, que consiste basicamente em realizar uma primeira venda de moedas. Pode-se realizar isso em um ambiente Ethereum, por exemplo, criando e vendendo *tokens* representativos dessa futura nova criptomoeda. Com os recursos angariados por essa oferta, pode-se desenvolver o novo ambiente, e, quando do lançamento do novo protocolo *blockchain*, procede-se à conversão e troca desses *tokens* pela nova “moeda nativa”.

Mas os *crypto tokens* não são limitados à representação de um valor monetário. Podem também simbolizar qualquer tipo de valor, tangível ou intangível. Por exemplo, pode-se criar um *token* que representa um litro de gasolina, um grama de ouro, um valor mobiliário, mas também pode representar coisas intangíveis como um “curtir”, o nível de amizade, respeito, entre outros. Todos esses *tokens* podem ser, se for o caso, negociado em bolsas de *tokens*. Isso poderia abrir a valoração e a negociação de coisas que nunca foram valoradas por uma unidade de valor monetária.

¹⁰ Como o [ERC-20 Token Standard | ethereum.org](https://ethereum.org/pt-br/erc-20/).

Oliveira *et al.* (2018) fizeram um estudo empregando técnicas do desenho da informação, o *Design Science Research*, detalhando oito tipos ou funções principais que podem ser desempenhados pelos *tokens*:

- 1) *Currency* (moeda): é a forma mais conhecida de *token* de *blockchain*. Quando alguém afirma que vai adquirir um Bitcoin, ela está se referindo à compra de um *currency token* de Bitcoin;
- 2) *Equity* (patrimônio): é o *token* que tem como função conferir ao portador a recepção de rendimentos patrimoniais, tais como aluguel, taxas e distribuição de lucros;
- 3) *Funding* (levantamento de capital): é o *token* que objetiva a arrecadação de fundos para fins específicos, como a criação de uma nova moeda, mediante ICO. Quando é usado para gerar uma nova criptomoeda, o *funding token* geralmente tem uma cláusula de troca com essa moeda a ser criada;
- 4) *Consensus* (consenso): é o *token* usado como gratificação para os participantes que auxiliam na validação de dados e no atingimento do consenso;
- 5) *Work* (trabalho): é o *token* usado para recompensar os participantes da rede que fazem certos tipos de atividades;
- 6) *Voting* (voto): é o *token* que confere o poder de voto do participante;
- 7) *Asset* (ativo): é o *token* que representa algum ativo;
- 8) *Payment* (pagamento): é o *token* usado para pagamento.

Uma classe especial desses *token* é o *Non Fungible Token*, que será apresentado em seguida.

2.2.7 NFT

Uma classe conhecida entre os *tokens* se refere aos chamados *tokens não fungíveis*, tradução de *Non-Fungible Tokens*, ou simplesmente NFT. A principal característica do NFT é que cada um desses *tokens* tem uma assinatura única, uma cadeia de dados que só pertence a esse *token*, e isso faz com que ele se diferencie de qualquer outro *token*. O NFT, basicamente, é um identificador de *token* combinado com um endereço, e essa combinação é necessariamente única. Por isso é chamado de não fungível. Por conta dessa característica, o NFT é frequentemente associado a algum tipo de colecionável, uma imagem, por exemplo, ou algo em que sejam necessárias as

características de não fungibilidade. Entre os usos vislumbrados, está o estabelecimento de propriedades de imagens, artes, vídeos, entradas de eventos, entre outros. Dessa forma, o NFT é visto como uma nova forma de transacionar propriedades intelectuais.

Muitos NFTs são gerados utilizando a plataforma Ethereum, sendo as plataformas desenvolvidas mais famosas o CryptoPunks e o CryptoKitties, que, em geral, são ambientes com um *token* associado a uma imagem; a *NBA top shot*, que permite a coleção de vídeos de jogadas na NBA; além de vários outros criados, tais como Picasso Punks, Hashmasks, 3DPunks, entre outros. O NFT permite ser programado de diversas formas, e pode, por exemplo, obrigar que uma parcela da transação seja transferida para o criador do NFT.

Uma confusão muito corriqueira sobre os NFTs, contudo, é que eles, de alguma forma, asseguram algum direito sobre uma figura, obra, foto, vídeo ou quaisquer outras peças atreladas a eles. Mas isso não ocorre. O que o proprietário de um NFT possui são alguns registros e identificadores únicos digitais, associados a alguns metadados, mas isso não tem relação intrínseca a quaisquer mídias externas a esse *token*. Talvez seja possível que o NFT possa ser usado para possibilitar um exercício legal de propriedade, ou de licenciamento de uma propriedade, e ser negociado através dele (não se limitando apenas a obras artísticas). Por outro lado, é necessário um arcabouço legal que ampare tal modelo. Entretanto, o próprio NFT ainda está em um estágio inicial, e não há, ainda, fatos relevantes de que algo nesse sentido tenha sido implementado (GUADAMUZ, 2022).

2.3 DESDOBRAMENTOS DE USO

2.3.1 *Stablecoin*

O *stablecoin*, ou moeda estável, como o nome denota, é uma moeda que visa a uma estabilidade do preço, vinculando-a com alguma moeda ou ativo tradicional, tal como o dólar americano e o ouro. Quando alcançam uma escala global e um certo volume de transação, tais moedas também são conhecidas como *global stablecoins* – GSC. O desenvolvimento desse tipo de moeda foi motivado pela necessidade dos investidores de terem algum destino menos volátil que as criptomoedas. Há várias moedas que podem ser caracterizadas como *stablecoin*, mas elas seguem estratégias diferentes para manter uma paridade com a moeda ou ativo de referência. Algumas guardam reservas que garantem a paridade, enquanto outras usam algoritmos que perseguem a paridade. Naturalmente, as *stablecoins* baseadas em reservas paritárias são mais estáveis. Há, também, estratégias que usam outras criptomoedas, para representar alguma outra

criptomoeda, ou que procuram simbolizar uma moeda ou ativo tradicional (BENSON; ROSEN, 2022).

Dessa forma, os tipos de *stablecoins* são:

- 1) Centralizada (*fiat backed*): também conhecida como IOU (*I Owe You* – Eu devo a você), representa alguma moeda, como dólar ou euro, e, em tese, tem uma reserva equivalente que dá o colateral para as moedas emitidas. Contudo, não há uma garantia de que o emissor está realmente emitindo em conformidade com a quantidade de colateral. A moeda Tether (USDT) é um exemplo;
- 2) Cripto-colateralizada (*crypto backed*): possui colateral com outras criptomoedas, sendo assim identificáveis e lastreadas. Não há perigo de falta de colateral, como no caso anterior, mas é mais volátil do que uma colateralizada em moeda tradicional. Um exemplo é a criptomoeda denominada DAI;
- 3) Colateral em commodity (*metal-backed*): lastreada por diversos tipos de ativos, como metais. Como a própria commodity sofre variação em relação à moeda, tem menos potencial de *hedge* (proteção);
- 4) Algorítmico: tipo de programa que queima ou emite *token* para controlar o valor da moeda, procurando sempre manter um valor estável em relação a um referencial. Essas *stablecoins* são mais instáveis. Um exemplo desse tipo é a moeda AMPL, ou TerraUSD. Recentemente, a TerraUSD entrou em colapso, por conta da perda de valor da Luna, a criptomoeda que sustentava essa *stablecoin*, perdendo a paridade com o dólar americano (MORROW, 2022).

Importa ressaltar o volume de transação desses criptoativos. Considerando o volume negociado em 24 horas das principais *stablecoins* (Tether, USD Coin, Binance USD), foram transacionados cerca de US\$ 50 bilhões¹¹, ou em torno de US\$ 18 trilhões em termos anualizados. Conforme aponta Long (2021), esse é um valor relevante, considerando que o volume de pagamento da Mastercard de 2018 foi de US\$ 25 trilhões. O autor também destaca que a velocidade de circulação média dessas criptomoedas é em torno de 109 vezes, o que seria significativo em relação às outras formas tradicionais de moedas denominadas em dólar. Isso seria importante, primeiro porque esse mercado criaria uma demanda adicional para Ativos de Alta Liquidez – HQLA, e os bancos

¹¹ [Cryptocurrency Prices, Charts And Market Capitalizations | CoinMarketCap](#)

tradicionais poderiam ser os depositários dos colaterais dessas *stablecoins*, podendo afetar, dessa maneira, a política monetária.

Nesse sentido, o Financial Stability Board – FSB, ou Comitê de Estabilidade Financeira, reconhece os diversos riscos que as GSC podem trazer para o sistema financeiro em escala mundial e recomenda uma regulamentação e supervisão em nível nacional e internacional, apesar de concluir que, atualmente, os riscos para a estabilidade financeira sejam limitados. Os riscos elencados pelo comitê envolvem, entre outros, a estabilidade financeira, a proteção aos consumidores, a proteção da privacidade, a integridade financeira, incluindo as questões relacionadas à lavagem de dinheiro, ao terrorismo e à evasão de divisas (FSB, 2020).

2.3.2 DeFi

DeFi significa *Decentralized Finance* (Finanças descentralizadas) e, essencialmente, segue a ideia de que, assim como a moeda, os serviços financeiros poderiam ser montados através da *blockchain*. O termo aponta um conceito e não possui um significado exato ou bem definido, mas a expectativa é de que, com o emprego das técnicas de *blockchain*, como os *smart contracts*, seja possível ter serviços financeiros descentralizados, sem intermediário. Além disso, os participantes teriam acesso e conhecimento do funcionamento das regras desses serviços.

Contextualizando, os serviços financeiros tradicionais são centralizados em instituições, como bancos, bolsas de valores, entre outros, que atuam como intermediários, concentrando diversas funções de transações financeiras. Elas se organizam em *hubs* regionais, podendo se especializar em certos tipos de serviços, mas cada uma se adequando a requisitos legais e de governança para proteger as transações dentro de um *hub*. Porém, diferentes níveis de maturidade regulatória e legal criam barreiras entre *hubs*, limitando, por exemplo, o alcance de certos investimentos para um usuário que se encontra em algum país subdesenvolvido. O sistema depende de confiança mútua para o seu funcionamento e autorregulação, mas foi progressivamente regularizado por conta da crise financeira de 2008 (ZETZSCHE; ARNER; BUCKLEY, 2020).

Uma visão idealista do DeFi preconiza que seria possível a criação de sistemas que ativessem todas essas burocracias, leis, jurisdições e fronteiras. Conquanto, é possível que haja dificuldades práticas que impeçam uma implementação plena dessa visão. Por exemplo, a rede puramente DeFi poderia sofrer da tragédia dos comuns, pois, sem qualquer responsável, não haveria colaboração entre todos para que o sistema fosse

mantido e desenvolvido, nem responsabilização em casos de deterioração ou prejuízo. Entretanto, componentes e conceitos específicos do DeFi poderiam ser incorporados nos serviços financeiros tradicionais, trazendo um certo nível de descentralização (ZETZSCHE; ARNER; BUCKLEY, 2020).

Exemplos de DeFi são as DEX, que são *exchanges* descentralizados de criptoativos, como a Uniswap (<https://app.uniswap.org/>) e PankakeSwap (<https://pancakeswap.finance/>), ou serviços de empréstimos, como o Oasis (<https://oasis.app/>), ou *stablecoin*, como o Tether.

2.3.3 Parachain

O *parachain* é uma estrutura que está baseada na rede Polkadot, um tipo de rede *blockchain*. O Polkadot tem como um dos seus objetivos a possibilidade de criação de outras *blockchains* por cima do protocolo, facilitando e possibilitando uma intercomunicabilidade direta entre as diversas redes criadas com base no Polkadot. Atualmente, redes como Bitcoin e Ethereum não se comunicam diretamente entre si. A rede Polkadot foi lançada em maio de 2020, e a ideia é que sejam criados diferentes tipos de *blockchain* em cima da camada do Polkadot. Cada uma dessas *blockchains* é chamada de *parachain* e pode ter características próprias, conforme a necessidade do desenvolvedor (por exemplo, criar uma *blockchain* específica para jogos, ou uma específica para logística). A rede base é chamada de *Relay Chain* e é responsável pela segurança, formação de consenso e interoperatividade entre as *parachains*. O Polkadot usa o protocolo PoS para a formação de consenso (WEB3 FOUNDATION, 2020; WOOD, 2016).

Essas *parachains* não são ilimitadas. Para obter o direito de desenvolver em uma *parachain*, é necessário ganhar um leilão na moeda própria do Polkadot, o DOT. As moedas ofertadas são travadas (*stake*) por, no máximo, 96 semanas, que é o período de *lease* máximo permitido para as *parachains*. Até agora, foram realizados 17 leilões¹².

2.3.4 Metaverso e evolução dos jogos

O termo metaverso é uma expansão das possibilidades a partir da Web 3.0. Enquanto a Web 3.0 traz um novo paradigma de descentralização, baseado principalmente nas tecnologias *blockchains*, o metaverso é a experiência que os usuários podem ter no futuro da internet. O metaverso seria imersivo, com realidade virtual, e

¹² <https://parachains.info/auctions>

representaria uma nova forma de vivência dos usuários. Nesse ambiente, as tecnologias que garantem propriedade virtual e realidades customizadas, tais como NFT e *tokens*, poderiam ser usadas para representar ativos, como roupas, utensílios, imóveis virtuais, entre outros. As negociações já ocorrem: por exemplo, o preço médio de um lote de terreno virtual dos quatro principais Web 3.0 metaversos¹³ subiu de US\$ 6 mil para US\$ 12 mil entre junho de 2021 e dezembro de 2021 (JP MORGAN, 2022).

Apesar de o conceito de metaverso não se confundir com o paradigma da Web 3.0, os dois termos aparecem em conjunto com frequência, por conta de conceitos intercomunicáveis de propriedade digital e descentralização. Lançado em 2003, o jogo *Second Life*, ou Segunda Vida, é um exemplo que explora o conceito do metaverso, mas não usa nenhuma das tecnologias da Web 3.0, sendo uma plataforma de natureza centralizada. A expansão do metaverso, aliada às tecnologias da Web 3.0, pode trazer um paradigma completamente novo de marketing digital e de propriedade, além de estabelecer uma nova forma de interação social de trabalho e lazer (HOUSER, 2022). Atualmente, o metaverso é vinculado, essencialmente, a aplicações em jogos, tais como o The Sandbox, Decentraland, entre outros, mas empresas como a Meta e Microsoft imaginam um ambiente metaverso sendo usado como um sucedâneo aos ambientes corporativos e sociais (COIN TELEGRAPH, 2022).

O uso de tecnologia *blockchain* dentro de jogos, entretanto, não se limita àqueles baseados no conceito de metaverso. Vários *games* começaram a implementar a ideia de o jogador ser proprietário e obter riqueza enquanto participa dos jogos (*play-to-earn*). Basicamente, esses jogos criam oportunidades para os jogadores obterem *tokens* ou NFTs que tenham algum valor de uso dentro do jogo, seja em forma de colecionáveis, de uma moeda interna, ou de um cosmético para alterar o visual do jogador dentro do jogo. Embora o conceito não seja novo¹⁴, sua principal característica é a possibilidade de negociar os criptoativos fora do sistema do jogo, como nas *exchanges* ou no sítio de venda de NFT. Além disso, seria teoricamente possível o mesmo ativo ser reutilizado em outros jogos (SINGH, 2022; WINKIE, 2022).

A possibilidade de obter receita jogando não significa que o jogo seja de graça. Muitas vezes, há a necessidade de investimento inicial para poder entrar no *game*. E, muitas vezes, esse investimento inicial não é barato. Isso ocorre, por exemplo, no jogo

¹³ Decentraland, The Sandbox, Cryptovoxels, Somnium Space

¹⁴ Jogos como Fortnite têm como fonte de renda a venda de cosméticos, porém não emprega a tecnologia *blockchain*

Axie Infinity, no qual é necessário que o usuário tenha cerca de US\$ 300 para jogar. Essa barreira de entrada criou um mercado de empréstimo desses itens, e quem aluga o faz para poder gerar receita (ONGWESO, 2022). A tentativa de trazer o conceito de ganhar receita por meio de jogos sofre alguma oposição por parte de alguns grupos, avessos à prática de se obter receitas adicionais por meio de plataformas de jogos. Em particular, o conceito *play-to-earn* é visto como uma extensão de uma prática de micro transações, ou *micro transaction*. Essa dinâmica consiste em vendas de itens ou loterias dentro do jogo que poderiam deixar o personagem mais poderoso, diminuir o tempo gasto para avançar dentro do jogo, ou, ainda, obter conteúdos adicionais do jogo, além do valor inicial de aquisição, que até pode ser gratuito. A prática gerou 70% das receitas das empresas de jogos em 2020, e foi alvo de críticas pela similitude que guarda com a prática de jogos de azar (GIBSON *et al.*, 2022).

Apesar disso, os jogos baseados em *blockchain* devem crescer. Eles alcançaram uma dimensão de mercado de US\$ 3 bilhões em 2021, com projeções para alcançar US\$ 39,7 bilhões em 2025 (SINGH, 2022). Já há diversos jogos que ganharam um certo nível de popularidade. O Axie Infinity tem como modelo o Pokémon, centrado em monstros NFTs que podem ser cruzados e treinados. O CryptoKitties, que também usa o NFT para gerar gatos que podem cruzar para criar outros gatos NFTs. Já o Gods Unchained é um jogo de cartas colecionáveis, como o tradicional Magic the Gathering, e cria um ambiente de escassez com certas cartas em quantidade limitada, entre outros jogos (HALLADAY, 2022).

2.3.5 Decentralized Autonomous Organization – DAO

O *Decentralized Autonomous Organization* – DAO é um conceito criado dentro do modelo *blockchain* e refere-se a uma estrutura que executa ordens administrativas, conforme programado nos *smart contracts*. Em tese, esse tipo de organização digital é de propriedade coletiva de seus membros, e as regras de organização são estabelecidas mediante códigos do *smart contract*. O DAO seria capaz de substituir a estrutura de gestão centralizada, e suas regras, se fosse necessário alterá-las, seriam feitas através de votação, conforme as normas estabelecidas, com as transações visíveis e transparentes.

Um dos casos de estabelecimento de DAO foi o “the DAO”, uma iniciativa de criação de um fundo de investimento de capital cuja operação não é feita por pessoas, mas por códigos inseridos na *blockchain*. O projeto em questão foi elaborado a partir da plataforma Ethereum, sendo que foi lançado um financiamento coletivo, ou *crowdfunding*, para iniciar a operação dessa empresa, coletando no processo US\$ 150 milhões, um dos maiores

valores na história do *crowdfunding*. Contudo, devido a uma fragilidade no funcionamento do código, a organização foi manipulada, e cerca de um terço do fundo foi desviado. A própria rede Ethereum foi forçada a realizar a executar o controverso *hard fork*, que, basicamente, cria uma linha de transação mediante concordância da maioria dos usuários do protocolo, gerando uma nova “realidade”, retornando o investimento desviado para a organização nessa linha criada.

Não obstante o histórico desfavorável, pela fragilidade generalizada causada pela disponibilização transparente do código em funcionamento (o que cria oportunidades para explorar vulnerabilidades, como ocorreu) e pelas incertezas legais e regulatórias sobre esses tipos de organizações baseados em programação, há exemplos atuais de implementação desse conceito, tais como Augur, Steem, Uniswap, entre outros (CHOHAN, 2017).

2.3.6 Oráculos

A rede *blockchain* é autocontida. Em outras palavras, ela não tem como pressuposto a interligação com redes de informações além da própria rede. Isso significa que, a princípio, não tem forma direta para acessar uma informação externa, como a temperatura atual, a cotação de moedas ou de criptomoedas, os valores de *commodities*, entre outros. Em transações comuns, não há necessidade desse tipo de informação estar disponível, já que os próprios usuários podem obter essas informações para a sua tomada de decisão.

Entretanto, com sistemas, como DAO ou *smart contracts*, é conveniente o acesso a essas informações externas para que seja possível parametrizar o funcionamento das programações na *blockchain*. Por exemplo, um *smart contract* pode prever que uma transação deve ser realizada quando o preço do petróleo bruto de Brent alcançar um certo patamar. Na *blockchain*, os elementos da rede que possibilitam o acesso a informações externas são denominados de *oracles*, ou oráculos.

Apesar de convenientes, os oráculos são elementos estranhos em uma arquitetura *blockchain* pura, e não há uma forma de assegurar as validades das informações desses elementos, diferentemente da própria *blockchain*. Sempre haveria o problema de o oráculo trazer informações errôneas, maliciosas ou corruptas. Além disso, o fato de usar uma informação externa, única, quebra com o paradigma da descentralização. Esse dilema é conhecido como “O problema do oráculo”, ou *The Oracle Problem*. Não há,

atualmente, qualquer tipo de modelo de oráculo que possa ser considerado como totalmente confiável (AL-BREIKI *et al.*, 2020).

Existem vários serviços de oráculos disponíveis para as *blockchains*. Como explicado, a questão da confiança das informações é de suma importância para o uso nos *smart contracts*, e esse modelo de confiança pode ser centralizado ou descentralizado. Os modelos centralizados são, basicamente, provedores unificados de informações e atestam a integridade da informação mediante certificados ou outros meios. Exemplos desses tipos de provedores são a Provable, TownCrier e PriceGeth.

Já os modelos descentralizados baseiam-se no funcionamento típico de uma *blockchain*: os nós participantes provem informações, conforme solicitadas, e a “resposta correta” é baseada no consenso majoritário. Os participantes são recompensados quando a resposta estiver de acordo. Entretanto, isso significa que há a penalização para aqueles participantes que contradizem a maioria. Esses modelos também são suscetíveis a ataques Sybil¹⁵ e à colusão. Exemplos desse modelo são: Witnet, Augur, ChainLink, ASTRAEA e Aeternity (AL-BREIKI *et al.*, 2020).

¹⁵ Ataque baseado na criação de diversas identidades falsas como forma de subverter o sistema de reputação, dominando a influência dessa rede.

3. APLICAÇÕES ATUAIS E EM DESENVOLVIMENTO

3.1. ESTADO ATUAL

Conforme apresentado até agora, a Web 3.0 e a tecnologia principal que a representa, a *blockchain*, não se limitam a uma tecnologia disruptiva do sistema financeiro, apresentando potencial de aplicação em diversos campos. Muitas empresas, além do setor financeiro, estão realizando investimentos de pesquisa para avançar nesse novo paradigma. Nesse sentido, CB Insights relata que investimentos em capital de risco em *startups* de *blockchain* subiu de US\$ 3,1 bilhões para US\$ 25,2 bilhões, um aumento de cerca de 713% em relação a 2020. A quantidade de *startups* desse gênero, com capital fechado, e avaliado em mais de US\$ 1 bilhão no valor de mercado, subiu de nove em 2020 para 47 em 2021 (CB INSIGHTS, 2022).

Furlonger e Uzureau apontam que a *blockchain* surgiu em um contexto em que as empresas precisavam de resposta para transacionar variados novos tipos de ativos digitais ou reais, e a estrutura centralizada da atualidade não atende a essa necessidade. O novo paradigma também irá redirecionar os fluxos de dados que estavam no poder de certas plataformas ou empresas. Em outras palavras, a *blockchain* tem o potencial de trazer inovações significativas, não se tratando de uma mera moda passageira.

Os principais pontos fortes de uma *blockchain* são os aspectos da distribuição, descentralização, imutabilidade, criptografia e tokenização (FURLONGER; UZUREAU, 2019). A distribuição aponta para as múltiplas cópias dos registros para cada um dos usuários. A criptografia é sobre o uso de chaves assimétricas para o controle de autoria, identidade e informação pessoal. Imutabilidade refere-se à característica de ser impossível a alteração dos registros, a menos que os participantes concordem com a modificação. Tokenização é sobre a capacidade da *blockchain* de representar muitas formas de valores, desde financeira, material ou imaterial, além de permitir um controle minucioso dos dados pessoais a serem compartilhados. Por fim, a descentralização é a característica de não haver um controlador central sobre a rede. Essa última seria difícil de implementar, uma vez que as empresas resistem em desistir do controle sobre o aspecto operacional, ainda mais considerando que uma rede *blockchain* é transparente para todos os participantes.

Entretanto, para esses autores, muitas instituições ainda não entendem as vantagens e desvantagens da *blockchain* e estão interessadas em incorporar a tecnologia pelo simples fato de ela estar em voga. Muitas vezes, a *blockchain* é empregada em uma determinada situação, mas é usada sem que haja uma vantagem real, ou existem

alternativas mais apropriadas. Outras empresas estão usando de maneira mais vantajosa, porém limitando o potencial da *blockchain*, principalmente no que tange à descentralização. A implementação da tecnologia de *blockchain* ainda está em um estágio inicial, mas, em 2023, já deve ter um protagonismo mais relevante; em 2025, muitas das limitações tecnológicas hoje identificadas devem estar solucionadas.

O paradigma da Web 2.0 pode ser caracterizado pelo domínio econômico de algumas empresas, que tinham e têm posse de uma gigante base de dados, com problemáticas de privacidade. Conforme pode ser concluído, a Web 3.0 pode se tornar uma antítese desse paradigma. A base de dados pode ser descentralizada, sem que haja uma empresa que seja proprietária. As informações pessoais podem ser encapsuladas pela tokenização, controladas pelo usuário, garantindo um adequado fluxo de informações na rede, o que possibilitaria inovações, mas respeitando os direitos à privacidade. Tudo isso ao mesmo tempo em que a integridade dos dados é garantida pelas múltiplas cópias das informações.

3.2. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES

As empresas já estão investindo nas plataformas de *blockchain*, embora não estejam explorando todas as características possibilitadas pela plataforma. A *blockchain* pode agilizar a confirmação, o acordo, a eficiência, a diminuição de custos administrativos, a rastreabilidade e a gestão da qualidade de dados. Uma das aplicações se dá na Bolsa de Valores da Austrália – ASX, que busca a substituição do sistema anterior de 25 anos, o *Clearing House Electronic Subregister System* – CHES. A expectativa era que a substituição ocorresse em 2020, mas a pandemia de Covid-19 teria forçado o adiamento da implementação. Recentemente, a ASX anunciou que tal migração ocorrerá em 2023, mas a imprensa aponta que ainda poderá ser adiada¹⁶.

Em tentativa similar para criação de uma plataforma com dados imutáveis, rastreáveis, distribuídos, pode-se citar o TradeLens¹⁷, lançado em 2018 pela empresa de logística Maersk, e pela IBM, para facilitar o fluxo de informações logísticas da indústria de fornecedores mundiais. Os dados são massivos, já que havia, em um dado momento, cerca de 5 mil navios de contêineres, sendo que cada embarcação contém 20.000

¹⁶ *ASX expects more delays to blockchain-based CHES replacement go-live date*
<https://www.zdnet.com/finance/banking/asx-expects-more-delays-to-blockchain-based-ches-replacement-go-live-date/>

¹⁷ tradelens.com

contêineres, e cada um deles tem uma criticidade grande. Porém, boa parte dos registros ainda se encontra em papel, o que tem um risco de falha bastante significativo. O TradeLens objetiva substituir esses documentos por uma plataforma digital baseada em *blockchain*, e, segundo os responsáveis, há uma estimativa de diminuir o tempo de administração em 40%. Contudo, a plataforma é centralizada, controlada por uma empresa, e, por isso, alguns agentes têm resistência em participar dessa rede (FURLONGER; UZUREAU, 2019).

No âmbito público, há a iniciativa da Lantmäteriet, na Suíça, que seria equivalente a um cartório de registro de imóveis, em realizar todas as transações e registros mediante tecnologia *blockchain*. Contudo, há necessidades de adequação legislativa para que isso possa ser concretizado. Uma outra proposta se deu na votação do representante do partido democrático na Tailândia, que usou um sistema de votação baseado em *blockchain* (BARANIUK, 2020).

No contexto do setor público, o Brasil possui algumas iniciativas na implementação de *blockchain*. A tecnologia pode permitir operações com foco em combate à fraude e à corrupção, já que ela cria trilhas imutáveis com rastreabilidade facilitada. Dessa forma, um dos focos pode ser o gerenciamento do dinheiro público. O *smart contract* poderia ser usado para que pagamentos aos fornecedores sejam executados mediante o atendimento de certas condições, que é transparente e auditável por todos os participantes. O relatório sobre a tecnologia elaborada pela AGU (2020) elenca diversas aplicações nas áreas de tributação, saúde e identidades digitais, gestão de convênios e programas etc.

No Brasil, dois projetos do BNDES têm relação com a liberação de recursos públicos. O primeiro é o BNDESToken, que libera criptoativos aos devedores, para que esses possam transferir os ativos aos fornecedores, retirando a necessidade de instituição financeira intermediária, ao mesmo tempo em que aumenta a transparência e facilita o monitoramento e a auditoria da operação. A rede é baseada no Ethereum, com governança centralizada, e usa um token de propriedade do BNDES, o BNDEStoken; há, inclusive, um projeto piloto em produção nos programas da Ancine. Um outro projeto em estágio piloto, também pelo BNDES, é o TRUBUDGET, desenvolvido pelo banco de desenvolvimento alemão KfW. A funcionalidade dessa aplicação objetiva o registro da liberação de recurso pelo BNDES e o recebimento dos beneficiários, especificamente quanto aos recursos do Fundo Amazônia (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2020b).

Por fim, importa citar uma iniciativa brasileira promovida pelo BNDES e pelo Tribunal de Contas da União – TCU, a Rede Blockchain Brasil – RBB, considerando as

características de transparência e obedecendo ao princípio de *compliance by design* (as determinações contratuais ou regulatórias são executadas automaticamente), iniciou uma rede de instituições, de abrangência nacional, objetivando a adoção da *blockchain* com o objetivo de “habilitar a construção de processos públicos comprovadamente confiáveis e transparentes, promovendo a confiança dos cidadãos no poder público” (BRASIL, 2022a). O acordo de cooperação foi assinado recentemente, em 12 de abril de 2022, e está aberto para que outras instituições participem. O acordo prevê, além de conjunto de instrumentos contratuais, acordos e propostas regulatórias para viabilizar o objetivo da RBB.

3.3. REGULAÇÃO

Turi explica que as questões regulatórias são as mais críticas para o contínuo crescimento das plataformas da Web 3.0. A autora cita como exemplo o caso da QuadrigaCX¹⁸, que colapsou em 2019 com a morte do seu CEO, incidente no qual 180 milhões de dólares canadenses foram congelados, e os investidores ficaram impossibilitados de sacar seus pertences. Turi explica que houve dificuldade de estabelecer a jurisdição, bem como não havia um arcabouço regulatório que lidasse com os criptoativos. O caso gerou variadas especulações sobre as razões do colapso, com muitas suspeitas de fraudes, chegando ao ponto da veracidade da morte do CEO ser questionada. Ficou claro também que faltava um modelo legal de proteção dos investidores e clientes. As questões regulatórias nos EUA ainda não encontram consenso, e a *US Securities and Exchange Commission* – SEC ainda não chegou a um arcabouço para lidar com a questão de maneira equilibrada (TURI, 2020).

No Brasil, está em tramitação uma lei para regulamentar os criptoativos, o Projeto de Lei 4.401, de 2021. Contudo, o projeto procura regulamentar somente o aspecto patrimonial dessas tecnologias e não tem como escopo todas as funcionalidades de uma *blockchain*. O projeto de lei foi aprovado em 26 de abril de 2022 pelo Senado e segue em tramitação para a Câmara (BRASIL, 2021).

Além disso, no âmbito administrativo, a Receita Federal – RFB criou normativos específicos para a criptomoeda com o objetivo de evitar lavagem de dinheiro e evasão fiscal, conforme se lê: “Institui e disciplina a obrigatoriedade de prestação de informações relativas às operações realizadas com criptoativos à Secretaria Especial da Receita

¹⁸ QuadrigaCX foi uma das maiores bolsas de criptomoedas no Canadá.

Federal do Brasil”¹⁹. Além dessa instrução, o TCU identificou outros atos administrativos que orientam os agentes sobre os riscos ou o tratamento que deve ser dado aos investimentos em criptoativos²⁰(TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2020a).

¹⁹ RFB - Instrução Normativa RFB nº 1888, de 3 de maio de 2019.

(<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=100592>)

²⁰ Tais como o Ofício Circular nº 11/2018/CVM/SIN (<https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/oficios-circulares/sin/oc-sin-1118.html>), Comunicado do Banco Central nº 31.379, de 16 de novembro de 2017 (<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/exibnormativo?tipo=Comunicado&numero=31379>)

4. IMPACTOS ECONÔMICOS E TRIBUTÁRIOS NO BRASIL

4.1. GERAÇÃO DE RIQUEZA NO MUNDO

Gartner, uma empresa de consultoria especializada no ramo de tecnologia, apresentou uma visão otimista para a riqueza que pode ser gerada pela aplicação da *blockchain*, apesar de entender que a sua utilização ainda está em estágio inicial, com muito exagero e expectativas irrealistas do que ela pode permitir. A instituição estimou uma geração de valor no mundo que alcançaria US\$ 3 trilhões em 2030 (FURLONGER; UZUREAU, 2019).

A consultoria PwC também mostrou confiança na geração de riqueza que pode ser alcançada pelo uso da *blockchain*. A empresa emitiu um relatório público apresentando suas estimativas sobre a tecnologia em 2020. O documento estimou uma geração de riqueza na ordem de US\$ 66 bilhões em 2021, US\$ 422 bilhões em 2025 e US\$ 1,76 trilhões em 2030 (PwC, 2020).

4.2 ÁREAS DE CRESCIMENTO

Conforme visto, o paradigma da Web 3.0 cria diferentes categorias de bens e serviços, e, concomitantemente, a necessidade de novas especialidades de capital humano. Desenvolvedores de Web 3.0, *blockchain*, *smart contracts*, bem como consultores dessas áreas, engenheiros de software, gestores de produtos, designers de UX (*User eXperience*), profissionais de marketing especializados, entre outros, são alguns dos profissionais que seriam demandados com a expansão da Web 3.0 (BHARWANI, 2022). Uma outra frente importante deve ser a de jogos, que, apoiando-se em conceitos de metaverso, pode gerar receitas de propaganda na ordem de US\$ 17 bilhões em 2027 (Ips, 2021).

Nesse sentido, a PwC aponta que, em termos de área de atuação, a maior oportunidade para o emprego da *blockchain* está nas cadeias de suprimentos, ou *supply chain*. Para ser mais específico, o uso seria no *provenance*, ou na proveniência dentro desse contexto da cadeia de suprimento. Por conta da característica descentralizada, imutável e transparente, o uso compartilhado das informações da cadeia de suprimentos permitiria um rastreamento completo dos insumos, subprodutos e produtos da cadeia. Isso facilitaria, por exemplo, identificar se um produto é proveniente de locais que se utilizam de trabalho análogo à escravidão, ou foi feito com base em produção sustentável. Também seria possível identificar e auditar todos os processos caso um produto acarrete

algum problema sério de saúde, por exemplo. Para esse ramo, a PwC estima US\$ 962 bilhões gerados em 2030 (PwC, 2020).

A consultoria prevê maiores impactos para 2030 em outros ramos de atuação, como os de pagamentos e instrumentos financeiros, com valores estimados em US\$ 432 bilhões; de identidades e credenciais on-line, em aproximadamente US\$ 224 bilhões; de contratos e resolução de conflitos, em US\$ 73 bilhões; e de relação com o consumidor, em US\$ 54 bilhões (PwC, 2020).

Porém, a PwC não apontou o uso crescente da *blockchain* na área de jogos e entretenimento. Baseados na tecnologia de *tokens* não fungíveis, o NFT, os jogos estão usando criptoativos para premiar jogadores. Muitos jogos ancorados no conceito de metaverso têm como premissa a possibilidade de negociação desses NFTs²¹ (que podem ser cosméticos, terrenos, armas do jogo, entre outros), ou vendem ou entregam *tokens* que podem ser válidos nos jogos ou negociados em bolsas de criptoativos²². O mercado de metaverso, sozinho, pode ter um mercado de US\$ 678 bilhões em 2030, conforme relatório do Grand View Research, que inclui vendas de equipamentos de realidade virtual, marketing digital e transações com *blockchain* (NEWSWIRE, 2022).

4.3. AVALIAÇÃO DE IMPACTO ECONÔMICO E DE POTENCIAL TRIBUTÁRIO

4.3.1 PIB mundial e brasileiro em 2030

Considerando as estimativas apresentadas por Gartner e PwC sobre a geração de riquezas pela tecnologia *blockchain*, é sugerido projetar o impacto econômico no Brasil tomando dois cenários como limites superior e inferior, no caso, de US\$ 3 trilhões e US\$ 1,76 trilhões, respectivamente.

Segundo o Banco Mundial, o PIB brasileiro em 2020 foi de US\$ 1,44 trilhões, enquanto o PIB mundial foi de US\$ 84 trilhões, o que aponta uma participação brasileira no PIB mundial de 1,7%.²³ A previsão de longo prazo da OCDE indica um crescimento do Brasil de apenas 1,1% entre 2020 e 2030, enquanto a projeção para o conjunto de países

²¹ A Binance tem uma seção para troca de NFT de jogos: https://www.binance.com/pt-PT/nft/game-offering?ads=true&utm_source=googleadwords_int&utm_medium=cpc&utm_campaign=paid_NFT&ref=HDYAHEES&gclid=Cj0KCCQjw4PKTBhD8ARIsAHChzRL-QHqkNP7fajp7Q2GWs4gvufRL9pG6ZrAQc8FLgyLIJmSHEaMQ2MAaAghVEALw_wcB

²² Os *tokens* de jogos são negociados em bolsa: <https://coinmarketcap.com/view/gaming/>.

²³ Fonte: Banco Mundial - <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>

do G20 e da OCDE é de 3,2% no mesmo período (KALININA, 2021). Adotando o valor de crescimento do G20 e da OCDE para estimar o crescimento do PIB mundial, o PIB mundial seria de US\$ 115 trilhões e o brasileiro US\$ 1,6 trilhões, o que faz o Brasil ter uma participação de 1,4% no PIB mundial em 2030.

Diante desses pressupostos, o impacto econômico no Brasil gerado pelo desenvolvimento da Web 3.0 deve ser na ordem de US\$ 42 bilhões (US\$ 3 trilhões x 1,4%), considerando-se o limite superior; e US\$ 25 bilhões (US\$ 1,76 trilhões x 1,4%) quando se leva em conta o limite inferior.

No caso do metaverso, com base nos parâmetros estimados (participação do Brasil no PIB mundial) e considerando a projeção do relatório do Grand View Research, de US\$ 678 bilhões, é possível estimar um valor de US\$ 9,4 bilhões. Importa ressaltar que o conceito do metaverso não necessariamente se confunde com o de Web 3.0, apesar de haver pontos em comum, em especial no emprego de *tokens* e NFTs. O valor estimado pelo relatório inclui a venda de aparelhos de realidade virtual, receita por propaganda, entre outros.

4.3.2 Estimativas de tributos sobre geração de riquezas de Web 3.0 e *blockchain*

Quanto à possível arrecadação tributária sobre a produção gerada pela economia da Web 3.0, foi considerado o trabalho de Tiné (2017), que faz uma estimativa da carga tributária por conta da transição demográfica do país. Os valores apresentados estão na mesma ordem de grandeza da carga tributária divulgada pelo Tesouro Nacional para o ano de 2021. Aplicando essas estimativas sobre os valores do PIB adicionado pela Web 3.0 no Brasil em 2030, chega-se ao resultado indicado na Tabela 4 (BRASIL, 2022b; FERREIRA TINÉ, 2017):

Tabela 4 – Carga tributária e estimativa de arrecadação

Esfera de governo	Carga Tributária média		Estimativa arrecadação blockchain (US\$ bilhões)		Estimativa Metaverso (US\$ bilhões)
	Tesouro - 2021	Tiné - 2040	lim. superior	lim inferior	Grand View
União	22,48%	23,20%	9,71	5,70	2,20
Estados	9,09%	7,90%	3,31	1,94	0,75
Municípios	2,33%	1,80%	0,75	0,44	0,17
Total	33,90%	32,90%	13,78	8,08	3,12

Fonte: Tesouro Nacional, Tiné, Grand View Research. Cálculos do autor.

A arrecadação estimada pelo governo federal seria, em 2030, da ordem de US\$ 9,71 bilhões no limite superior e US\$ 5,70 bilhões para o limite inferior. Considerando toda a arrecadação em todas esferas governamentais, estima-se uma arrecadação de US\$ 13,78 bilhões para o limite superior e US\$ 8,08 bilhões para o limite inferior.

A estimativa de arrecadação pelo metaverso, por outro lado, pode alcançar US\$ 2,20 bilhões em nível federal e US\$ 3,12 bilhões em nível nacional.

4.4 GERAÇÃO DE EMPREGOS

A geração de riqueza pela Web 3.0 deve vir acompanhada por uma demanda crescente por profissionais especializados. Nesse quesito, o Brasil não está em uma posição vantajosa. No ranking preparado pela UNCTAD sobre competitividade tecnológica, o Brasil encontra-se na 41ª colocação, classificado como *Upper Middle* (média alta) em termos de preparação para tecnologias de fronteira. Contudo, em termos de *skills*, encontra-se na 53ª posição. O país tem uma competitividade relevante em pesquisa e desenvolvimento, com um número de publicações e patentes que alcança a posição 17º no ranking.

O relatório aponta que os países em desenvolvimento têm algumas características em comum que criam obstáculos para o desenvolvimento tecnológico: uma população mais jovem, que diminui o custo de recurso humano e reduz o incentivo à automação, uma economia mais dependente da agropecuária, menos diversificada, que desenvolve soluções tecnológicas com menos intensidade, entre outros (UNCTAD, 2021). A baixa

colocação na competitividade tecnológica e a falta de recurso humano podem limitar as estimativas de PIB adicionado pela *blockchain* e pela Web 3.0.

Quanto à geração de empregos, a PwC estima uma criação de 41 milhões de postos de trabalho por conta de desenvolvimento em *blockchain*, conforme Tabela 5:

Tabela 5 – Empregos e PIB em blockchain para 2030

	Geração de empregos (mil)	PIB (US\$ bilhões)
EUA	2.200	407
China	11.400	440
Índia	3.200	62
Alemanhã	889	95
Reino Unido	695	72
Japão	617	72
França	510	59
Itália	233	25
Espanha	227	24
Suécia	138	18
Emirados Arabes	86	6
Luxemburgo	7	2
Resto do mundo	21.000	473
Total	41.202	1.755

Fonte: PwC, 2020.

De maneira aproximada, cada emprego no ramo é associável a uma geração adicional de riqueza de US\$ 43 mil por ano, na média mundial, dividindo-se o PIB adicional com a quantidade de empregos gerados (US\$ 473 bilhões divididos pela quantidade de empregos gerados – 21 milhões postos de empregos estimados). Considerando o valor da média mundial de PIB *per capita* desse quadro e a estimativa de PIB adicional atribuível pelo uso da *blockchain* no Brasil (de US\$ 25 bilhões a US\$ 45 bilhões), projeta-se uma geração ou demanda de emprego na ordem de 587 a 983 mil trabalhadores em 2030 para suprir a demanda de capital humano. Usando-se o mesmo parâmetro de PIB *per capita* (US\$ 43 mil por posto de trabalho), o valor de PIB adicional gerado pelo metaverso no Brasil (de US\$ 9,4 bilhões) traduz-se em uma demanda de 223 mil trabalhadores.

5. CONCLUSÃO

Os paradigmas da Web evoluíram desde a sua introdução, passando de uma mera coletânea de páginas interconectadas e estáticas para um ambiente dinâmico e personalizado. Entretanto, há intensa concentração dessas plataformas e dados nas mãos de poucas empresas, culminando no que é conhecido como Web 2.0. Nesse contexto, o paradigma da Web 3.0 passou a ser entendido como antítese do paradigma anterior, trazendo como uma de suas principais evoluções a possibilidade de descentralização, aliada a uma estrutura que garante a segurança, a transparência e a integridade dos dados. A base tecnológica que sustenta esse paradigma é a *blockchain*.

Apesar de inicialmente destacada pela criação de moedas virtuais, a tecnologia *blockchain* possibilita novas abordagens para registro e controle de informações. Com sua estrutura descentralizada, dados confiáveis, auditáveis, imutáveis e íntegros, a *blockchain* possui muitas possibilidades de uso que podem alterar fundamentalmente o funcionamento da Web e da sociedade. Hoje, os maiores investimentos ocorrem em aplicações financeiras, eminentemente, mas com o emprego de *smart contract*, NFT e *tokens*, variadas formas de aplicações emergem, como em seguros, sistema de votos, transferência de propriedades, artes, *crowdfunding*, entre outros.

Os jogos, por sua vez, são apontados como uma frente com grandes potenciais de crescimento. Aliados ao conceito de metaverso, diversos jogos exploram a possibilidade de transações descentralizadas de *blockchain*, em particular com o emprego do NFT, para criar um contexto em que a propriedade sobre os ativos de jogos vá além do ambiente do próprio jogo. Atualmente, é possível negociar os terrenos virtuais de alguns desses jogos em *exchanges* de NFT, viabilizando esses ativos como opções de investimento.

Embora exista grandes expectativas quanto ao seu potencial transformador, a tecnologia *blockchain* enfrenta algumas limitações técnicas. A adoção do *Proof of Work* como mecanismo de consenso impacta no consumo de energia elétrica, que, no caso do Bitcoin, alcança cerca de 12,5% do consumo brasileiro de energia (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2022; SALEH, 2020), além de ser considerado um sistema que não promove uma velocidade de transação escalável. Técnicas como o *Proof of Stake* aparecem como um potencial candidato para superar tais limitações, mas ainda há dúvidas quanto ao nível de confiabilidade do mecanismo. A multiplicidade de redes diferentes de *blockchains* também pode ser considerada limitante, já que criaria barreiras para uma integração entre os diversos ambientes de rede. Nesse sentido, o *parachain*

pode ser uma solução unificadora, mas que ainda não se consolidou como uma real alternativa.

Além das limitações técnicas, a falta de regulamentação se coloca como um desafio. Apesar de um certo viés anárquico das *blockchains*, o reconhecimento legal e a normatização desse modelo permitiriam uma potencialização dos benefícios esperados pela consolidação do conceito da Web 3.0. Há alguns encaminhamentos normativos e iniciativas governamentais nesse sentido, mas ainda são incipientes.

Não obstante tais desafios, o impacto econômico esperado é significativo. Estimativas e projeções realizadas por consultorias a respeito dessa temática apontam um potencial de aumento de riqueza global da ordem de US\$ 1,5 a 3 trilhões até 2030 em *blockchain* e US\$ 678 bilhões no metaverso. Isso pode ser traduzido em geração de riqueza de até US\$ 45 bilhões no Brasil em 2030 pelo uso da tecnologia *blockchain* e em um potencial adicional de US\$ 9,4 bilhões pelo metaverso. Esses dados se traduzem em uma geração de receita tributária derivada das atividades pela *blockchain* estimada em até US\$ 13,78 bilhões no âmbito nacional e em US\$ 3,12 bilhões de tributos gerados pelas atividades relacionadas ao metaverso.

Entretanto, para sustentar esse novo paradigma no Brasil, estima-se que seja necessário um contingente de 1 milhão de trabalhadores com alta capacitação tecnológica até o ano de 2030. Como visto, a UNCTAD aponta um cenário menos favorável, posicionando o país na 53ª posição em termos de capacitação da mão de obra para o ramo da tecnologia, o que ressalta a necessidade de uma preocupação maior na capacitação da mão de obra nacional. Em consequência, o Brasil não está entre os mais bem colocados mundialmente para liderar essa tendência tecnológica.

Conclui-se que o paradigma da Web 3.0, ainda que atualmente seja incipiente, é uma aposta evolucionária da tecnologia moderna, prometendo contrariar a realidade atual de plataformas de conteúdo, comunicação e serviços financeiros dominados por poucos grupos empresariais. Essa autonomia operativa, aliada a uma tecnologia que assegura a confiabilidade e a integridade das transações, pode se tornar uma infraestrutura tecnológica essencial para diversos ramos empresariais e governamentais.

Apesar de algumas limitações tecnológicas, o impacto econômico esperado é significativo nos próximos dez anos. O Brasil precisa melhorar sua base de recursos humanos treinados em tecnologia, além de estruturar o arcabouço normativo adequado, com o objetivo de preparar um ambiente propício para o proveito dessa inovação, gerando

riquezas e arrecadação tributária à altura do potencial desse novo paradigma da rede mundial.

Referências bibliográficas

AGU. *Blockchain no setor público*. Guia de conceitos e usos potenciais. 2020.

AL-BREIKI, H.; REHMAN, M. H. U.; SALAH, K.; SVETINOVIC, D. Trustworthy Blockchain Oracles: Review, Comparison, and Open Research Challenges. *IEEE Access*, v. 8, p. 85675–85685, 2020. . Acesso em: 11 julho 2022.

ANDREESSEN HOROWITZ. *How to Win the Future: An Agenda for the Third Generation of the Internet*. 2021. Acesso em: 4 maio. 2022.

BARANIUK, C. *Blockchain: The revolution that hasn't quite happened* - BBC News. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/business-51281233>>. Acesso em: 4 maio 2022.

BENSON, A.; ROSEN, A. *Stablecoin Definition: What Are They and How Do They Work?* - NerdWallet. Disponível em: <<https://www.nerdwallet.com/article/investing/stablecoin>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

BHARWANI, H. *Web 3.0 future of internet in the world*. Disponível em: <<https://www.thehansindia.com/hans/young-hans/web-30-future-of-internet-in-the-world-740382?infinitescroll=1>>. Acesso em: 8 maio. 2022.

BIAIS, B.; BISIÈRE, C.; BOUVARD, M.; CASAMATTA, C. The Blockchain Folk Theorem. *Review of Financial Studies*, v. 32, n. 5, p. 1662–1715, 1 maio 2019. . Acesso em: 4 maio. 2022.

BODKHE, U.; TANWAR, S.; PAREKH, K.; KHANPARA, P.; TYAGI, S.; KUMAR, N.; ALAZAB, M. Blockchain for Industry 4.0: a comprehensive review. *IEEE Access*, v. 8, p. 79764–79800, 2020. Acesso em: 4 maio. 2022.

BRASIL. *PL 4401/2021 - Senado Federal 2021*. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/151264>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

BRASIL. *Acordo de Cooperação N D -121.2.0014.222022a*. Disponível em: <https://github.com/RBBNet/rbb/blob/master/documentos/ACT_TCU_BNDES_RBB.pdf>. Acesso em: 4 maio. 2022.

BRASIL. *Carga Tributária do Governo Geral - 2021* — Tesouro Transparente. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.tesourotransparente.gov.br/publicacoes/carga-tributaria-do-governo-geral/2021/114?ano_selecionado=2021>. Acesso em: 4 maio. 2022b.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. *Consumo de energia elétrica cresce 4,1% em 2021, aponta CCEE* - CCEE. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/>>.

/consumo-de-energia-eletrica-cresce-4-1-em-2021-aponta-ccee>. Acesso em: 4 maio. 2022.

CASTOR, A. *Ethereum's big switch to proof of stake, explained* | MIT Technology Review. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/2022/03/04/1046636/ethereum-blockchain-proof-of-stake/>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

CB INSIGHTS. *State of Blockchain 2021 Report* - CB Insights Research. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cbinsights.com/research/report/blockchain-trends-2021/>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

CERN. *The World Wide Web project*. Disponível em: <<http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

CERTIK. *The Blockchain Trilemma: Decentralized, Scalable, and Secure?* | by CertiK | CertiK | Medium. Disponível em: <<https://medium.com/certik/the-blockchain-trilemma-decentralized-scalable-and-secure-e9d8c41a87b3>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

CHOHAN, U. W. The Decentralized Autonomous Organization and Governance Issues. *SSRN Electronic Journal*, 4 dez. 2017. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=3082055>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

COIN TELEGRAPH. *Microsoft metaverse vs. Facebook metaverse: What's the difference?* Disponível em: <<https://cointelegraph.com/metaverse-for-beginners/microsoft-metaverse-vs-facebook-metaverse-what-is-the-difference>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

CONWAY, L. *Proof-of-Work vs. Proof-of-Stake: Which Is Better?* Disponível em: <<https://blockworks.co/proof-of-work-vs-proof-of-stake-whats-the-difference/>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

De Haro-Olmo, F. J.; Varela-Vaca, Á. J.; Álvarez-Bermejo, J. A. Blockchain from the Perspective of Privacy and Anonymisation: A Systematic Literature Review. *Sensors* 2020, v. 20, n. 24, p. 7171, 14 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/24/7171/htm>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

EFANOV, D.; ROSCHIN, P. The All-Pervasiveness of the Blockchain Technology. *Procedia Computer Science*, v. 123, p. 116–121, 1 jan. 2018. . Acesso em: 4 maio. 2022.

FERREIRA TINÉ, R. *Impacto da transição demográfica sobre a arrecadação tributária no Brasil: uma análise do aspecto federativo*. 2017. Acesso em: 10 maio. 2022.

FSB. Regulation, Supervision and Oversight of “Global Stablecoin” Arrangements Final Report and High-Level Recommendations. 2020. Disponível em: <www.fsb.org/emailalert>. Acesso em: 11 jul. 2022.

FURLONGER, D.; UZUREAU, C. *The real business of blockchain : how leaders can create value in a new digital age* (Livro, 2019) [WorldCat.org]. [s.l: s.n.]

GIBSON, E.; GRIFFITHS, M. D.; CALADO, F.; HARRIS, A. The relationship between videogame micro-transactions and problem gaming and gambling: A systematic review. *Computers in Human Behavior*, v. 131, 1 jun. 2022. . Acesso em: 22 maio. 2022.

GUADAMUZ, A. *NFTs and copyright: here's what you need to know* | World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2022/02/non-fungible-tokens-nfts-and-copyright>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

HALLADAY, K. *20 Top blockchain games to know 2022* | Built In. Disponível em: <<https://builtin.com/gaming/blockchain-games>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

HIREMATH, B. K.; KENCHAKKANAVAR, A. Y. (PDF) *An Alteration of the Web 1.0, Web 2.0 and Web 3.0: a comparative study*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303661797_An_Alteration_of_the_Web_10_Web_20_and_Web_30_A_Comparative_Study>. Acesso em: 4 maio. 2022.

HOUSER, K. *Web 3.0 vs. the metaverse: what's the difference?* Disponível em: <<https://www.freethink.com/technology/web-3-vs-metaverse>>. Acesso em: 8 maio. 2022.

IP CAPITAL PARTNERS. *Relatório de Gestão dez. 2021*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://ip-capitalpartners.com/wp-content/uploads/2022/02/220216_RG_IP_out_jan.pdf>. Acesso em: 4 maio. 2022.

IPS. *In-Game Advertising Market to reach USD 18.41 billion by 2027, is Going to Boom with RapidFire Inc.*, Playwire Media LLC, Atlas Alpha Inc., Engage - Business. Disponível em: <<http://ipsnews.net/business/2021/10/04/in-game-advertising-market-to-reach-18-41-billion-by-2027-is-going-to-boom-with-rapidfire-inc-playwire-media-llc-atlas-alpha-inc-engage/>>. Acesso em: 8 maio. 2022.

JP MORGAN. *Opportunities in the metaverse*. [s.l: s.n.]. Acesso em: 8 maio. 2022.

KALININA, V. *The long game: fiscal outlooks to 2060 underline need for structural reform*. 2021. Acesso em: 9 maio. 2022.

KREPS, D.; KIMPPA, K. Theorising Web 3.0: ICTs in a changing society. *Information Technology and People*, v. 28, n. 4, p. 726–741, 2 nov. 2015. Acesso em: 4 maio. 2022.

KENNY, L. *The Blockchain Scalability Problem & the Race for Visa-Like Transaction Speed* | by Kenny L. | Towards Data Science. Disponível em:

<<https://towardsdatascience.com/the-blockchain-scalability-problem-the-race-for-visa-like-transaction-speed-5cce48f9d44>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

LONG, C. *Ten Stablecoin Predictions and Their Monetary Policy Implications* | Cato Institute. Disponível em: <<https://www.cato.org/cato-journal/spring/summer-2021/ten-stablecoin-predictions-their-monetary-policy-implications>>. Acesso em: 11 jul. 2022.

MORROW, A. Por que as *stablecoins* estão deixando investidores do mundo cripto em pânico | CNN Brasil. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/por-que-as-stablecoins-estao-deixando-investidores-do-mundo-cripto-em-panico/>>. Acesso em: 21 maio. 2022.

NAKAMOTO, S. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Disponível em: <www.bitcoin.org>. Acesso em: 4 maio. 2022.

NAPOLETANO, E.; CURRY, B. *What Is Proof of Stake? How Does It Work?* – Forbes Advisor. Disponível em: <<https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/proof-of-stake/>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

NEWSWIRE. *Metaverse Market Size Worth \$678.8 Billion by 2030*: Grand View Research, Inc. - Bloomberg. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/press-releases/2022-03-09/metaverse-market-size-worth-678-8-billion-by-2030-grand-view-research-inc>>. Acesso em: 11 maio. 2022.

OCDE, O. para a C. e D. E. *OECD Blockchain Primer*. Disponível em: <<https://www.oecd.org/finance/OECD-Blockchain-Primer.pdf>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

OLIVEIRA, L.; ZAVOLOKINA, L.; BAUER, I.; SCHWABE, G.; OLIVEIRA, L.; ZAVOLOKINA, L.; BAUER, I. *To Token or not to Token: Tools for Understanding Blockchain Tokens*. 2018. Disponível em: <www.zora.uzh.chYear:2018URL:https://doi.org/10.5167/uzh-157908>. Acesso em: 4 maio. 2022.

ONGWESO, E. J. *The Metaverse Has Bosses Too. Meet the ‘Managers’ of Axie Infinity*. Disponível em: <<https://www.vice.com/en/article/88g3ag/the-metaverse-has-bosses-too-meet-the-managers-of-axie-infinity>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

PORTILHO, A. *Web 3.0: a internet está sendo reinventada nesse exato momento* | Exame. Disponível em: <<https://exame.com/future-of-money/web-3-0-a-internet-esta-sendo-reinventada-nesse-exato-momento/>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

PwC. *Time for trust: how blockchain will transform business and the economy* - PwC. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/blockchain-report-transform-business-economy.html>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

RUDMAN, R.; BRUWER, R. Defining Web 3.0: Opportunities and challenges. *Electronic Library*, v. 34, n. 1, p. 132–154, 1 fev. 2016. Acesso em: 4 maio. 2022.

SALEH, F. Blockchain Without Waste: Proof-of-Stake. *SSRN Electronic Journal*, 7 jul. 2020. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=3183935>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

SILVA, M. M. *Web 3.0, a nova fase da internet: o que vai mudar?* | Exame. Disponível em: <<https://exame.com/future-of-money/web-3-0-a-nova-fase-da-internet-o-que-vai-mudar/>>. Acesso em: 4 maio. 2022.

SINGH, M. *How blockchain gaming industry is booming despite challenges*. Disponível em: <<https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/how-blockchain-gaming-industry-is-booming-despite-challenges/>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

TASCA, P. *Token-Based Business Models*. In: LYNN, T.; MOONEY, J. G.; ROSATI, P.; CUMMINS, M. *Disrupting Finance: FinTech and Strategy in the 21st Century*. [s.l.] Palgrave Pivot, Cham, p. 135–148, 2019.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. *Acórdão 1613/2020 - Plenário2020a*. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/*/KEY%253A%2522ACORDAO-COMPLETO-2406748%2522/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0/%2520>. Acesso em: 4 maio. 2022.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. *Aplicações Blockchain no Setor Público do Brasil apêndice aplicações no setor público do Brasil*. [s.l.: s.n.].

TURI, A. N. *Technologies for Modern Digital Entrepreneurship: Understanding Emerging Tech at the Cutting-Edge of the Web 3.0 Economy*. [s.l.: s.n.]

UHDRE, D. de C. *Blockchain, tokens e criptomoedas: análise jurídica*. São Paulo: Almedina, 2021.

UNCTAD. *Technology and innovation report 2021 - Catching technological waves Innovation with equity*. 2021. Disponível em: <<http://unctadstat.unctad.org/EN/Classifications.html>>. Acesso em: 8 maio. 2022.

WEB3 FOUNDATION. *Polkadot Lightpaper*. 2020.. Acesso em: 21 maio. 2022.

WINKIE, L. *ZED RUN, Axie Infinity, and the push for play-to-earn blockchain gaming* - Vox. Disponível em: <<https://www.vox.com/the-goods/23074931/play-to-earn-video-games-blockchain-web-3>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

WOOD, G. *Polkadot: Vision for a Heterogeneous Multi-Chain Framework*. 2016. Disponível em: <<https://github.com/ethereum/wiki/wiki/Chain-Fibers-Redux>>. Acesso em: 21 maio. 2022.

ZETZSCHE, D. A.; ARNER, D. W.; BUCKLEY, R. P. Decentralized Finance. *Journal of Financial Regulation*, v. 6, p. 172–203, 2020. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jfr/article/6/2/172/5913239>>. Acesso em: 21 maio. 2022.

ZHANG, S.; LEE, J. H. Analysis of the main consensus protocols of blockchain. *ICT Express*, v. 6, n. 2, p. 93–97, 1 jun. 2020. Acesso em: 4 maio. 2022.