INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Smart Contracts e DAOs: Desafios jurídicos no âmbito da inovação empresarial

Hugo Miguel Duarte da Costa

Mestrado em Direito das Empresas e do Trabalho

Orientador:
Professor Doutor Luís Vasconcelos Abreu, Professor Auxiliar,
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2024

CIÊNCIAS SOCIAIS
E HUMANAS

Departamento de Economia Política

Smart Contracts e DAOs: Desafios jurídicos no âmbito da inovação empresarial

Hugo Miguel Duarte da Costa

Mestrado em Direito das Empresas e do Trabalho

Orientador:
Professor Doutor Luís Vasconcelos Abreu, Professor Auxiliar,
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2024

It is not in the pursuit of happiness that we find fulfillment, it is in the happiness of pursuit.

Denis Waitley

Agradecimento

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Luís Vasconcelos Abreu e Prof. Dr. Luís Guilherme Catarino, pela disponibilidade, apoio contínuo e conhecimentos partilhados durante a execução desta dissertação.

À BAS, Sociedade de Advogados, pelo incentivo, compreensão e apoio à concretização deste trabalho.

Aos meus pais, Jorge e Dulce, que foram a base para eu poder desenvolver toda a minha educação. Por estarem sempre disponíveis para me dar a mão, por todo o apoio, paciência e carinho incondicional que me motivou a vencer esta etapa.

Ao meu irmão e melhor amigo, Ricardo, que esteve sempre disponível para me auxiliar e aconselhar da melhor forma, assim como fez durante toda a minha vida.

À minha família, que incondicionalmente transpõem carinho e alegria, e acima de tudo compreensão pelas longas horas noturnas de escrita.

Aos meus amigos, pelo suporte e momentos de diversão e descontração que transformou e facilitou todo o processo criativo.

The last but not the least, to Victoria, who was my rock, my confident, and my safe space, and helped me get through all the bad and good times during my stay in Berlin and Lisbon.

Resumo

A economia *Blockchain* representa um novo paradigma ao direito privado e ao universo *fintech*, elevando implicações quanto a um novo tipo contratual, os *smart contracts*, e ainda ao surgimento de uma entidade descentraliza e autónoma, as *Decentralized Autonomous Organizations* (DAO).

A *Blockchain* como tecnologia descentralizada de registo eletrónico de dados, suscita uma panóplia ampliada de desafios jurídico, e obriga a uma ativa interpretação da lei e uma articulação com as componentes que tornam a tecnologia única e atrativa.

Os smart contracts e as DAOS comportam uma dicotomia entre transparência, automaticidade e imutabilidade, por um lado, com as necessidades legislativas de segurança jurídica, flexibilidade e proteção judicial por outro, demonstrando desafios jurídicos nos institutos de personalidade e capacidade jurídica, tutela e responsabilidade.

Entidades descentralizadas compostas por contratos que se auto executam e auto regulam, criam a necessidade de reformular entendimentos e lacunas regulamentares tradicionais, e apresentar mecanismos habilitados a garantir o equilíbrio entre as expectativas geradas, a segurança jurídica, e a inovação tecnológica. O caminho a seguir requer a adoção de um regime ao nível internacional, que permita a tipificação abstrata jurídica dos contratos inteligentes e das sociedades descentralizadas de forma a fomentar o autodesenvolvimento blockchain e promova a certeza jurídica e a transparência de acesso aos mercados.

Palavras-chave: *smart contracts*; DAOS; *blockchain*; tipicidade; descentralização; responsabilidade limitada;

Abstract

The Blockchain economy represents a new paradigm in private law and the fintech universe, raising implications regarding a new type of contract - smart contracts, and the emergence of a decentralized and autonomous entity - Decentralized Autonomous Organizations (DAOs). As a decentralized technology for electronic data, Blockchain presents a wide array of legal challenges, requiring an active interpretation of the law and an articulation with the components that make the technology unique and attractive.

Smart contracts and DAOs embody, on one hand, a dichotomy between transparency, automaticity, and immutability, and on the other, the legislative need for legal certainty, flexibility, and judicial protection. This illustrates legal challenges in the institutes of legal personality, capacity, and liability. Decentralized entities composed of self-executing and self-regulating contracts create the need to redevelop traditional regulatory understandings and gaps to present mechanisms capable of ensuring a balance between generated expectations, legal security, and technological innovation, as well as to foster blockchain self-development and promote certainty and transparency.

Key words: *smart contracts*; DAOS; *blockchain*; decentralized; legal personality; limited liability.

Índice

Agradecimento iv

Resumo v

Abstract vii

Introdução

Capítulo I. Blockchain – *O novo mundo* 3

1.1. Estrutura - *o protocolo blockchain* 3

1.2. Funcionamento e características 4

1.3. Desafios e vulnerabilidades 6

1.3.1. Quadro Regulatório 6

1.3.2. Segurança e imutabilidade 9

1.3.3. Consumo energético 10

1.3.4. Escalabilidade do processamento 11

Capítulo II. Smart Contracts – *A automação contratual por detrás da blockchain* 13

2.1. Noção 13

2.2. Natureza jurídica 14

2.4. Quadro Regulatório 16

2.4. Implicações jurídicas - Análise da Tecnologia Blockchain e Smart Contracts nos Institutos Contratuais Tradicionais 18

2.4.1. Vontade negocial na automaticidade de execução 18

2.4.2. Incumprimento e os institutos de tutela 20

2.4.3. (Im)possibilidade na modificação e resolução contratual 24

Capítulo III. Decentralized Autonomous Organizations (DAO) – *Sociedade Blockchain* 28

3.1. O conceito de entidade autónoma e descentralizada 28

3.2. Sociedade ou veículo *Blockchain*? 29

3.3. Tipicidade Societária – *Partnerships Blockchain às LLCs* 31

3.3.1. Abordagem "inovadora" no quadro internacional – *As Limited Liability Companies (LLC)* 33

3.3.2. Abordagem "inovadora" no quadro internacional – *o Regulamento MiCA* 36

3.4. Proposta de Framework – *Do princípio da LLC à proteção da Descentralização e Automaticidade* 38

3.4.1. Nível de descentralização – *A ligação entre a técnica e a Lei* 39
3.4.2. Requisitos para a personalidade jurídica 42
3.4.3. Final Framework – *Regime aplicável* 44

Capítulo IV. Interseção com a Inteligência Artificial – *Uma introdução* 49

Capítulo V. Conclusão

Referências Bibliográficas 55

Introdução

A presente dissertação foi elaborada e submetida como requisito para a obtenção do grau de mestre do Curso de Mestrado em Direito das Empresas e do Trabalho, com especialização em Empresas, lecionado no ISCTE-IUL e dirigido pelo Professor e Orientador, o Senhor Professor Doutor Luís Vasconcelos Abreu.

O tema "*Smart Contracts e DAOs: Desafios jurídicos no âmbito da inovação empresarial*" surge no âmbito do desenvolvimento tecnológico na economia e direito no panorama internacional atual, e pelo interesse nos institutos *blockchain* e *fintech,* que ao longo das unidades curriculares lecionadas no mestrado foram por diversas vezes inseridas.

A obra encontra-se dividida em 4 (quatro) capítulos, cada um direcionado a uma vertente global da tecnologia *blockchain,* e pautando-se por uma conexão progressiva tendo em conta a articulação e complexidade entre temáticas.

O primeiro capítulo (Capítulo I.) destina-se a uma apresentação e análise às principais características da tecnologia em análise, destacando os institutos centrais e que demonstram a descentralização típica desta inovação, e ainda a um desenvolvimento jurídico em torno da regulamentação disponível na presente data.

Por sua vez, o segundo capítulo (Capítulo II.) progride para um patamar mais conceptual, ao analisar os alicerces da tecnologia descentralizada e que ditam o seu funcionamento – os *smart contracts*, ou contratos inteligentes. Neste âmbito inicialmente será contextualizado o conceito de contrato inteligente à luz da aceitação (ou não) com um verdadeiro contrato. Após, serão debatidas as implicações jurídicas que têm demonstrado maior incerteza e contextualização, nomeadamente quanto à aceitação do instituto contratual inteligente no seio da contratação tradicional, e o seu comportamento com os institutos gerais do direito de tutela, responsabilidade e alteração contratual.

No terceiro capítulo (Capítulo III.), iremos primeiramente transfigurar o conceito dos *smart contracts* num contexto mais complexo e de empresa – a configuração dos smart contracts como estrutura fundamental e prática de uma organização – as *decentralized autonomous organizations*, ou organizações descentralizadas e autónomas. Serão ponderadas e desmistificadas as características destas entidades e a sua aceitação e identificação pelo direito. Neste âmbito, serão revistos conceitos básicos da tecnologia *blockchain*, mas fundamentais ao entendimento e conceptualização das organizações descentralizadas, como a personalidade jurídica e a própria noção de descentralização. Num panorama mais avançado será promovido o levantamento quanto à necessidade de uma regulação concreta e os seus termos no contexto DAO.

No último capítulo (Capítulo IV.), numa ótica introdutória, ainda que elementar será dado ênfase a uma outra tecnologia inovatória e que tem dividido opiniões sobre a sua implicação em

todas as áreas transversais – A inteligência artificial (IA). Pela sua ligação ao tema, urge uma obrigação em expor as principais características e virtudes na conexão à tecnologia *blockchain*, que numa opinião difusa não será possível abordar uma sem ter em conta a outra.

Como meio de entendimento mais facilitado, articulação, e pela complexidade do tema, serão fornecidos alguns exemplos ilustrativos que demonstrem o funcionamento da própria tecnologia. Assim como uma perspetiva comparada entre as diferentes opções legislativas e regulatórias nos demais ordenamentos jurídicos, com foco no ordenamento jurídico português, alemão, inglês e ainda do ordenamento americano (EUA).

A dissertação tem como principais objetivos, não só uma análise às componentes *blockchain* e ao surgimento de novas opções à contratação e tipificação societária tradicional, como ainda pretende solucionar e expor certas divergências doutrinarias e práticas quanto à utilização das mesmas no âmbito do direito. Como iremos verificar existe uma dicotomia quanto aos regimes aplicáveis, e no seio dos próprios regimes, no solucionamento das temáticas que envolvem o direito de terceiros, a responsabilidade dos membros de uma entidade, e a relação inter partes face à descentralização de poderes. Podemos questionar em que medida é sequer possível classificar um *smart contract* ou uma DAO, e quais as implicações que uma aplicação de um regime que não se enquadra na teorização *blockchain* poderá ter no direito e nas relações com outras organizações.

Quanto aos smart contracts, caberá explanar a articulação entre código computacional (programação) e a letra da lei, assim como a sua articulação entre a vontade das partes e a imutabilidade presente em tecnologias descentralizadas, e em que medida a consideração e ponderação dos contratos inteligentes como verdadeiros contratos poderá suscitar (ou não) problemas dogmáticos.

Na ótica de uma DAO será relevante entender o seu comportamento com as diferentes perspetivas atuais, e como uma organização tipicamente globalizada poderá ser capacitada tendo em conta o regime aplicável.

A ideia ora presente, será demonstrar os entendimentos atuais à luz destes conceitos, mas expô-los numa ótica de critica construtiva ao desenvolvimento jurídico, e por último, ponderar a questão relativa à possibilidade de uma regulamentação mais intrusiva e concretamente ambicionada para esta realidade, e consequentemente, em que termos poderia essa regulação pautar-se.

Importa salientar que a obra se encontra alocada à oferta legislativa atual, até ao ano 2024, o que poderá no futuro, mediante um incremento na regulação destas temáticas, requerer uma reponderação dos entendimentos expostos e das opções propostas, que, visto tratar-se de um fenómeno recente, tende a projetar-se um crescimento nos anos vindouros.

CAPÍTULO I

1. Blockchain

Um novo mundo

1.1. Estrutura – *o protocolo blockchain*

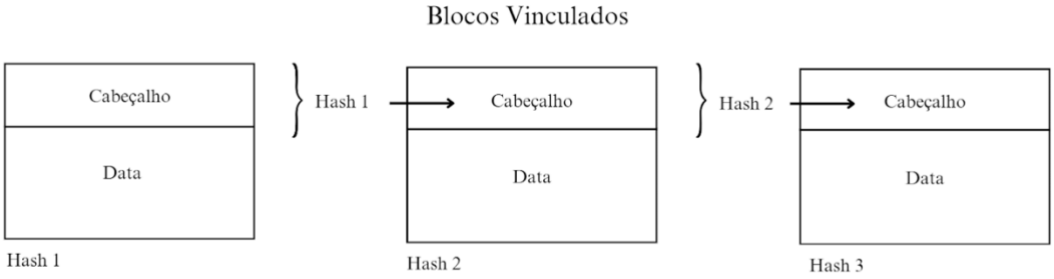
As redes Blockchain podem assumir diferentes tipos estruturais, como públicos, privados ou consórcios[1]. Independentemente da sua natureza, traduzem-se em bancos crescentes de registos/dados que de forma interligada e encriptada (registo mediante codificação) formam uma cadeia sucessiva[2]. Todos os dispositivos conectados à rede blockchain, e consequentemente executam o *software* (processo de codificação), são denominados nós (*nodes*). Estes dispositivos não só codificam a infraestrutura, como ainda atuam como moderadores ao validar e armazenar transações/dados mediante um protocolo de consenso.

Como não há uma autoridade central, o núcleo da rede, neste caso o banco de dados, é descentralizado e pode armazenar um número crescente de registos/dados, denominando-se blocos. Estes são o conjunto de dados que reúnem todas as transações e as distribuem para todos os dispositivos (nós) na rede[3] - Esta estrutura por sua vez é o próprio *protocolo* central da tecnologia blockchain e que permite que as moedas digitais possam ser trocadas na rede de uma forma segura e imutável[4].

Cada bloco possui um cabeçalho constituído pelas componentes técnicas e identificativas do bloco, um *hash* - uma impressão digital dos dados ou documento encontrado dentro do bloco, assim como o *hash* do bloco anterior, formando uma cadeia sucessiva e interligada, conforme figura *infra* exposta.

[1] Shardeum Content Team. (2023, March 30). *Blockchain architecture - structure, functionality, and types*. Shardeum | EVM Based Sharded Layer 1 Blockchain. https://shardeum.org/blog/blockchain-architecture.
[2] Nespral, D., & Hergueda, R. F. (2021). *Blockchain* (p. 14–24). Ediciones de la U.
[3] Tapscott, D., & Tapscott, A. (2018). *Blockchain revolution how the technology behind bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world* (p. 42-44). New York, Ny Portfolio/Penguin June.
[4] Coinbase. (2024). *O que é um protocolo?* Coinbase. https://www.coinbase.com/pt-pt/learn/crypto-basics/what-is-a-protocol.

Esquema nº 1 – Exemplo de uma sequência *blockchain*



Fonte: Elaboração própria

1.2. Funcionamento e características

A tecnologia blockchain surge de forma natural e inorgânica, passo a passo com a evolução de *data.* Este colosso veio permitir a criação digital descentralizada de registo de dados, imutável de transações. De forma a entender como funciona a tecnologia blockchain vejamos a construção lógica daquilo a que podemos denominar como as bases blockchain, pensadas por Satoshi Nakamoto[5], mais concretamente a descentralização, a cadeia de blocos, *proof of work*, consenso distribuído, registo imutável, transparência, auditoria, eficiência e segurança:

A descentralização é uma da característica chave da tecnologia blockchain, permite não só um tratamento e armazenamento de dados completamente inovatório e dinâmico a uma escala mundial[6], como permite a ausência de um intermediário central, potenciando a firmeza do sistema uma vez que o controlo não se encontra num só único organismo.

Estruturalmente a *Blockchain* é composta por blocos de dados, cada um vinculado ao anterior por um registo de dados (*hash),* e marcado permanentemente no tempo (*timestamp*). Consoante o protocolo de blockchain (falamos do tipo de rede – Bitcoin, Etherum, ou ainda redes concebidas para projetos específicos), cada bloco será composto por um tipo de linguagem (a contratação inteligente) e capacidade de armazenamento. Este tipo de associação funciona como um design seguro e imutável a registos e transações, uma vez que para potenciar uma fraude significaria uma quase impossível reinscrição e recapitulação de todos os *hashes* subsequentes. Numa ótica de fácil interpretação, imaginemos uma impressão digital que se vai alterando subsequentemente e que a fim de poder ser viciada teria de ser reinventada sem qualquer base - comporta-se como um

[5] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: a Peer-to-Peer Electronic Cash System. In bitcoin.org. bitcoin.org. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf
[6]Crosby, M. (2016). AIR applied innovation review. https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/AIR-2016-Blockchain.pdf

"*livro-razão distribuído e que representa um consenso da rede de todas as transações que já ocorreram*"[7].

Uma outra ferramenta utilizada pelos mineradores para combater a fraude é o *proof of work*, a prova de trabalho permite uma maior proteção da rede ao comportar um intensivo contributo computacional uma vez que mantém a integridade da blockchain, dificulta a sua produção, mas facilita a sua verificação e auditoria[8]. Imaginemos um cálculo matemático de extrema dificuldade, para que um minerador consiga adicionar um novo bloco tem necessariamente que o resolver, no entanto apesar da resolução ser bastante dificultada, não poderemos dizer o mesmo da verificação a sua correção. Assim, uma vez que cada um estará conectado sequencialmente ao anterior, o processo de *mining* estará associado ao trabalho produzido até encontrar o *hash* válido do bloco seguinte.

Na produção de *blockchain* para além da prova de trabalho (*proof of work)*, existe ainda a alternativa conhecida como prova de participação (*proof of stake*), permitindo que os participantes, detentores de dados, concordem sobre o estado da base de dados em bloco ao inserirem na rede os seus blocos, utilizando-se da descentralização para decidir sem a intervenção de uma entidade central. O consenso torna-se essencial uma vez que evita manipulações da rede de dados, o que protege qualquer transação na rede. O mecanismo de consenso distribuído é composto por várias fazes de forma a manter a sua integridade, passando pela sua criação por um minerador, a sua aceitação coletiva e verificação, e por fim a adição do bloco na rede *Blockchain*. No caso da prova por participação, os validadores (utilizadores que validam o novo bloco), recebem um valor após o seu trabalho, geralmente em formato moeda digital.

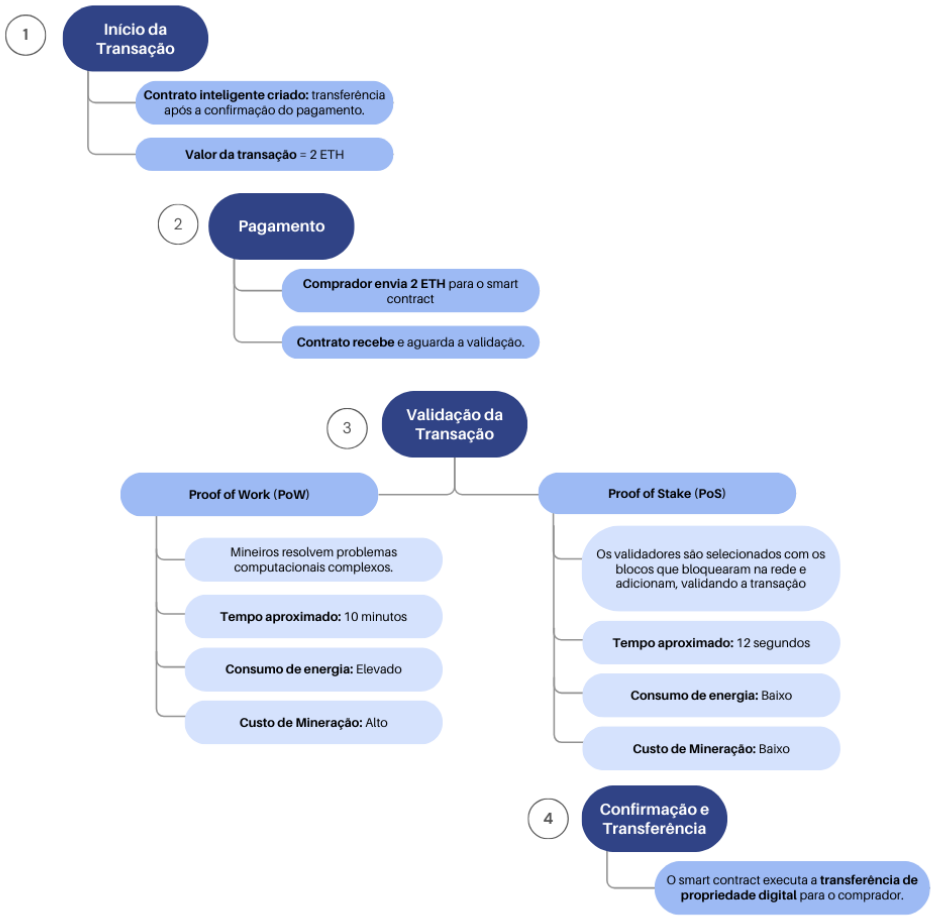
Uma vez que todos os registos são gravados na rede, isto significa que qualquer falsificação ou *shortcut* seria verificado. Este registo imutável permite uma sequência única e promove a sua segurança e estabilidade.

Além do que foi dito não podemos ainda olvidar que as redes *blockchain* permitem que os seus participantes possam auditar a mesma rede. Esta transparência não só permite uma facilidade na auditoria da blockchain como ainda demonstra uma vez mais a eficiência e segurança da mesma.

De modo a elucidar o *supra* exposto veja-se o seguinte esquema que ilustra um exemplo de uma transação com transferência de propriedade mediante a contrapartida em moeda virtual. No caso podemos verificar ainda algumas diferenças quanto aos dois mecanismos de verificação de transações.

[7] Cit. (Tapscott & Tapscott, 2018, p. 25)
[8] IBM. (2023). *What is blockchain technology*. IBM; IBM. https://www.ibm.com/topics/blockchain

Esquema n.º 2 – Exemplo de transação *blockchain*



Fonte: Elaboração própria

Apesar de todo o floreado que aqui foi expresso, e que demonstra a robustez das redes blockchain, não podemos esquecer que também é uma tecnologia em desenvolvimento, e que na verdade não parece ter fim à vista a sua inovação[9], assim como às suas vulnerabilidades.

1.3. Desafios e vulnerabilidades

1.3.1. Quadro Regulatório

Se é certo que a tecnologia blockchain apresenta novas respostas para os novos desafios a todos os níveis, não só ao serviço da *fintech*, mas também nas mais variadas áreas e setores que permitem ou necessitam de uma maior eficiência ou proficuidade, como por exemplo setores de

[9] A interseção com a inteligência artificial é um bom exemplo. Assunto introduzido no capítulo 4.

gestão e administração[10]. Não será de olvidar os desafios e vulnerabilidades que ainda se expressam nesta nova tecnologia. A descentralização é essencial e permite que a segurança e eficácia da rede esteja garantida, ainda que no mesmo compasso permita que a sua regulamentação seja de carater mais complexo, uma vez que a natureza em que se pauta ao nível global leva a que a aplicação das leis no espaço não seja possível, pelo menos não de uma forma exata e garantida, ou pelo menos não no imediato. Ainda que seja de relevar os esforços e os diplomas que inevitavelmente tenham vindo a surgir ao longo do tempo.

Até 2023, não havia em Portugal e em grande parte da Europa[11], relativamente ao mercado de criptoativos, legislação que regulasse a relação entre as partes, assim como os aspetos essenciais que carecem de profundidade legislativa. Em Portugal, antes de 2023, a atividade de emissão e comercialização de criptoativos não era suficientemente regulamentada. A segurança da tecnologia descentralizada demonstra um défice quanto à falta de garantia pública, uma vez que os sistemas de contas eletrónicas atuais (seja de transmissão de instrumentos financeiros, ou de valores monetários e da sua liquidação) são regulados e supervisionados por entidades públicas, que apresentam garantias para falhas ou erros, no entanto, e no caso da blockchain, estas garantias não existem. Nem porquanto pelo Banco de Portugal existia ou existe uma estrita supervisão[12], tendo inclusive o próprio órgão assumido que o pouco aprofundamento regulatório não significaria a ilegalidade ou proibição do mercado[13]. Só com o Regulamento (UE) 2023/1114 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de maio de 2023, podemos afirmar existir uma clara direção comunitária no "controlo" do mercado cripto e consequentemente da tecnologia *blockchain*. O regulamento procura não só tentar promover a integridade do mercado, como

[10] Monteiro, F. (2023). Decentralised autonomous organisations for public procurement. *EASE '23: Proceedings of the 27th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 378–385.

[11] Law Library Of Congress (U.S.). Global Legal Research Directorate. (2018). *Regulation of cryptocurrency around the world.* (p.52-64). The Law Library of Congress, Global Legal Research Center. (Original work published 2024) - Com exceção de países como a Alemanha com o Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin), tendo desde cedo definido criptoativos como instrumentos financeiros, sujeitando pessoas singulares e coletivas a obter autorização prévia da BaFin para poder operar. Ou ainda França, que numa ótica de segurança contra fins ilícitos, quer evasão fiscal, ou ainda terrorismo efetuou diversas inovações na sua regulamentação, como a Lei PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises) de 2019, ou ainda a aplicação de impostos aos ganhos de capital no setor. Além do mais foram ainda estes países tenazes no apelo ao G-20 para que estas matéria pudessem ser discutidas internacionalmente. Algo que tem vindo a ser aposta atual.

[12] Por via da Lei 83/2017, que estabeleceu medidas de combate ao branqueamento de capitais e ao financiamento do terrorismo, foram conferidos poderes de supervisão ao Banco de Portugal quanto à matéria cripto (Artigos 72.º, 84.º, 86.º, 107.º e 173.º). Ainda quanto à mesma Lei, a CMVM foi também contemplada na supervisão "relativamente às entidades gestoras de plataformas de financiamento colaborativo nas modalidades de empréstimo e de capital" (alínea b), artigo 92.º).

[13] Law Library Of Congress (U.S.). Global Legal Research Directorate. (2018). *Regulation of cryptocurrency around the world.* (p. 53). The Law Library of Congress, Global Legal Research Center. (Original work published 2024)

assegurar a proteção de detentores não profissionais, promovendo a transparência e meios de *governance* que "(...) *deverão atuar com honestidade, lealdade e profissionalismo* (...)"[14].

No entanto, ainda que o regulamento tenha vindo dar resposta a grandes questões relativamente à tecnologia blockchain, e ao uso de criptoativos, é notório a cobertura incompleta que ainda transmite, desde logo quanto às entidades e conceitos que servem de base da presente obra – *Decentralized Autonomous Organizations (DAOS) e os smart contracts*. O legislador não aprofundou a aplicação do diploma a outras atividades e empresas descentralizadas, ainda que tenha possibilitado o seu tratamento no futuro, concretamente no texto final do regulamento[15], assumindo que o mesmo "(...) *deverá aplicar-se às pessoas singulares e coletivas e a determinadas outras empresas, bem como aos serviços e atividades de criptoativos por elas realizados, prestados ou por elas direta ou indiretamente controlados, inclusive quando uma parte dessas atividades ou serviços é realizada de forma descentralizada*(...)," e "*os prestadores de serviços de criptoativos que prestam serviços relativos a esses criptoativos deverão, no entanto, ser abrangidos pelo presente regulamento*"[16]. Ainda assim, não é, no entanto, positiva a afirmação depois estabelecida, uma vez que, "*caso os serviços de criptoativos sejam prestados de forma totalmente descentralizada, sem intermediário, não deverão ser abrangidos pelo âmbito de aplicação do presente regulamento*". O que pode suscita algumas questões, nomeadamente, qual o grau ou ainda o tipo de descentralização que o legislador se refere? Uma completa descentralização sem qualquer intermediário, ainda que tecnicamente possível, é utópica, e parece-nos que não se trata de apenas uma simples descentralização dos protocolos financeiros[17]. O diploma oferece respostas, mas não soluciona certas questões essenciais à tecnologia, e acima de tudo parece-nos que ainda que aborde uma matéria essencial nos dias que correm – os criptoativos, olvida-se de pautar outro tipo de aplicações blockchain, como é a utilização da rede para outros fins, smart contracts e organizações autónomas e descentralizadas

Ainda quanto à regulamentação, destacamos ainda a iniciativa pela União Europeia da EU Blockchain Observatory and Forum, com a missão de monitorizar as atividades que tenham como base a tecnologia blockchain e fornecer suporte e apoio político, assim como promover a transparência e literacia *fintech*[18].

No entanto, apesar dos contributos no progresso para uma melhor compreensão e proteção da tecnologia blockchain, ainda se antevê uma longa caminhada ao nível legislativo, e numa unificação do entendimento regulamentar de criptoativos e da tecnologia blockchain. Pela sua

[14] Considerando n.º 38 do Regulamento (UE) 2023/1114 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de maio de 2023.
[15] Oliveira, M. P. de, & Rolo, A. G. (Eds.). (2024). *Decentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation* (p. 13). Mohr Siebeck.
[16] Considerando 22.º do (UE) 2023/1114 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de maio de 2023,
[17] Oliveira, M. P. de, & Rolo, A. G. (Eds.). (2024). *Decentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation* (p. 13). Mohr Siebeck.
[18] Cf. EU Blockchain Observatory and Forum. https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/about_en

"ainda" volatilidade e alguma desconfiança ainda é notória a desigualdade de tratamento e visão programática ao nível global.[19]

1.3.2. Segurança e imutabilidade

Ainda que uma das características que mais distingue e eleva a tecnologia blockchain seja a sua projeção de um design seguro e imutável, não deixa de ser um universo bastante recente em que os avanços tecnológicos têm vindo a alterar não só a perceção, mas ainda as ferramentas que poderão inovar ou, num polo antagónico, colocar em causa a tecnologia. Um dos desafios que poderemos destacar na utilização de criptoativos e da tecnologia blockchain é precisamente a segurança cibernética.

Como foi já elaborado, cada protocolo blockchain tem as suas características, nomeadamente a capacidade de armazenamento de informação por bloco, ou ainda os mecanismos de obtenção de consenso e mineração. Esta característica permite a proteção da blockchain não só de ataque de *hackers* como dos próprios utilizados. Permite a proteção de fenómenos como o ataque 51%[20], que ocorre quando o controlo da rede *blockchain* se reúne numa única pessoa/entidade e permite a monopolização da rede de *mining*[21], revertendo transações, impedindo a sistematização de novos blocos, bloqueando transações, e acima de tudo, e, diga-se mais, gravosa, a utilização e gestão dupla de criptoativos – *double spending.* Uma vez que permite que o mesmo ativo proceda a várias transações com diversos fins, comprometendo a confiança da rede e consequentemente o valor do ativo e do próprio protocolo. No entanto, é um fenómeno que à partida com os mecanismos *proof of work, proof of stake*, e ainda a descentralização da própria rede[22], se tornou bastante raro de ocorrer, o que justifica ao presente dia o valor de criptomoedas como a *bitcoin.*

Poderemos mesmo afirmar que a segurança desta tecnologia é das razões que mais alicia à sua utilização, e se é certo que se sucederam casos de insucesso e *hacking*, a verdade é que pelo menos não foram suficientes para abalar a confiança geral da tecnologia blockchain.

---

[19] Veja-se num polo de total abertura países como El Salvador, "*ao ser o primeiro país a aprovar uma lei que colocava a criptomoeda mais popular do mundo como moeda oficial de uma nação*" cf. ECO. (2024, March 6). *El Salvador vê reservas em bitcoin valorizar mais de 60%*. ECO; Eco. https://eco.sapo.pt/2024/03/06/el-salvador-ve-valor-das-reservas-em-bitcoin-disparar-mais-de-60-em-menos-de-tres-anos/. Ou até mesmo países como a China que no passado tinha banido a utilização da bitcoin tem vindo ao longo dos anos a impulsionar a tecnologia blockchain, apostando acima de tudo na utilização de smart contracts em setores como a justiça cf. *China explora o potencial do blockchain para promover o desenvolvimento de "tribunais inteligentes."* (n.d.). Www.wipo.int. Retrieved October 11, 2024, from https://www.wipo.int/wipo_magazine/pt/2022/03/article_0007.html.

[20] João Pedro Freire. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p. 31–34). Ataque inicialmente que ocorreu à Etheureum em 2016, mas que se verificou em várias outras paltafoirma de criptoativos, como a Vertcoin em 2019, ou ainda a Bitcoin gold em 2020. - *51% attacks*. (n.d.). MIT Digital Currency Initiative. Retrieved October 11, 2024, from https://dci.mit.edu/51-attacks

[21] Cf. Francisco Chilão Rocha. (2023). *Regime Jurídico dos Non-Fungible Tokens*, (p. 19 e ss.).

[22] Seria necessário um grande poder económico para poder evitar a descentralização de uma rede *blockchain* e reunir uma percentagem de maioria de consenso.

1.3.3. Consumo energético

Para que a rede *blockchain* ofereça confiança aos utilizadores é necessário todos os mecanismos que já foram discutidos estejam calibrados de forma descentralizada e que os *miners* possam gerir a rede de forma segura e sistemática, o que implica um grande esforço computacional, mas acima de tudo energético. No mecanismo de *proof of work*, conforme foi apresentado trata-se de trabalhar e analisar sequencialmente cada bloco. Este processo acarreta um elevado nível de consumo energético, que não pode ser aproveitado para outra atividade[23]. O que não poderá deixar de ser curioso a dualidade aqui presente. Se é certo que todos os mecanismos de *mining* e segurança das redes blockchain levam à dificuldade de recriar blocos de forma inorgânica e maliciosa, pela sua exigente tarefa a nível de recursos, também esses mesmos processos levam a despender bastante energia para que a rede funcione. Assim, irá sempre importar o poder da própria blockchain em descentralizar em maior escala, de forma a contrastear o *"mining malicioso"*[24].

O gasto de energia associado às redes blockchain é de facto uma preocupação, que tem vindo a ocupar destaque, nomeadamente na rentabilidade da mineração, assim como de um ponto de vista de sustentabilidade ambiental. Um estudo efetuado ao impacto da tecnologia blockchain chegou à conclusão de que o consumo total de energia causado pela mesma pode representar um valor de 20% a 50% do consumo total de energia em países como a Alemanha[25].

Como vimos, em sistemas que utilizam o *proof of work* (e não só) é difícil conceber um mecanismo que forneça segurança e rendimento sem sacrificar uma sustentabilidade energética. E embora sejam visíveis os esforços para novas abordagens que almejam a redução do consumo energético com o surgimento de novas tecnologias blockchain em que o consumo é significativamente menor, como é o caso das denominadas "*ZK-rollups*"[26], soluções que permitem a redução do sobrecarregamento da rede e do respetivo consumo energético, não nos parece suficiente à ainda realidade *blockchain*, principalmente quanto aos protocolos associados a transações de criptomoedas. Um tribunal no Texas, numa altura em que os Estados Unidos da

---

[23] Binance Academy. (2024). *Proof of Work (PoW)*. Binance Academy. https://academy.binance.com/en/glossary/proof-of-work

[24] (Freire, 2023, p. 40)

[25] Richard, P., Schlosser, M., & Zimmermann, H. (2023). *Rethinking blockchain's electricity consumption A guide to electricity-efficient design of decentralized data infrastructure*. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/Guide_Rethinking_Blockchain_s_Energy_Consumption.pdf

[26] "Os rollups permitem que as blockchains agrupem dados de transações e os processem fora da blockchain (off-chain). Após o processamento, o resultado final é devidamente associado à blockchain base. O processamento de tantas transações simultâneas elimina as chances de sobrecarga da blockchain e permite uma computação mais rápida e econômica." Cf. Binance Academy. (2023, October 31). *O que são zk-rollups? A técnica de escalabilidade de layer-2*. Binance Academy. https://academy.binance.com/pt/articles/what-are-zk-rollups-the-layer-2-scalability-technique#O-que-s%C3%A3o-ZK-rollups

América lançaram desde janeiro de 2024 um programa de monitorização ao consumo energético de mineração[27], decidiu que o cumprimento de novos requisitos de monitorização seria prejudicial ao setor e que poderiam mesmo causar "*danos irreparáveis*"[28]. O tribunal ponderou a tensão existente entre a necessidade de regular e monitorizar o consumo energético das redes *blockchain* e a necessidade de sustentabilidade ambiental, e decidiu pela primeira.

Existe uma necessidade em estabelecer um equilíbrio não apenas no consumo energético em contraste com a eficiência da rede, como ainda com a regulamentação da mesma em estabelecer com transparência medidas que não signifiquem o detrimento dos interesses da própria indústria.

1.3.4. Escalabilidade do processamento

A escalabilidade[29] é definida na capacidade de processar transações de forma rápida e em grande escala, o que exige que sejam definidos limites a fim de não sobrecarregar o banco de dados. O problema surge quando o congestionamento da rede resulta no aumento das taxas de transação, assim como associado a uma outra fragilidade anexa - A própria dimensão da Blockchain. Porque caso contrário qual a capacidade exata dos utilizadores para armazenamento de toda a informação de forma permanente, e processar ainda um ritmo e velocidade segura quando o número de utilizadores vai aumentado?

Uma possível solução passaria pela opção na alteração da própria rede, ao aumentar a capacidade de informação de dados de cada bloco, ou na concentração da rede em fragmentos da *Blockchain* (*sharding*), sacrificando a descentralização e a segurança característica das redes descentralizadas[30]. Outras soluções são ainda apontadas, tais como o aumento do ritmo de produção de blocos, diminuindo a dificuldade de mining, e assim a segurança da rede, a aglomeração das transações (no caso de redes blockchain de criptoativos), ou ainda o registo de certos dados fora do protocolo, utilizando plataformas que permitam a descentralização da informação[31].

Vitalik Buterin, criador da *Ethereum* avançou uma teoria de equilíbrio perante aquilo que são os alicerces da tecnologia blockchain (segurança, descentralização e escalabilidade)[32]. Com esta

---

[27] *U.S. energy information administration - EIA - independent statistics and analysis*. (2024). Eia.gov. https://www.eia.gov/pressroom/releases/press550.php

[28] Milman, O. (2024, February 27). US judge halts government effort to monitor crypto mining energy use. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/technology/2024/feb/27/crypto-mining-electricity-use

[29] Binance Academy. (2020, February 20). *Escalabilidade da blockchain - sidechains e canais de pagamento*. Binance Academy. https://academy.binance.com/pt/articles/blockchain-scalability-sidechains-and-payment-channels#the-blockchain-scalability-problem.

[30] Crypto.com. (2020, January 3). *A deep dive into blockchain scalability*. Crypto.com. https://crypto.com/university/blockchain-scalability.

[31] Freire. J.P. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p. 62).

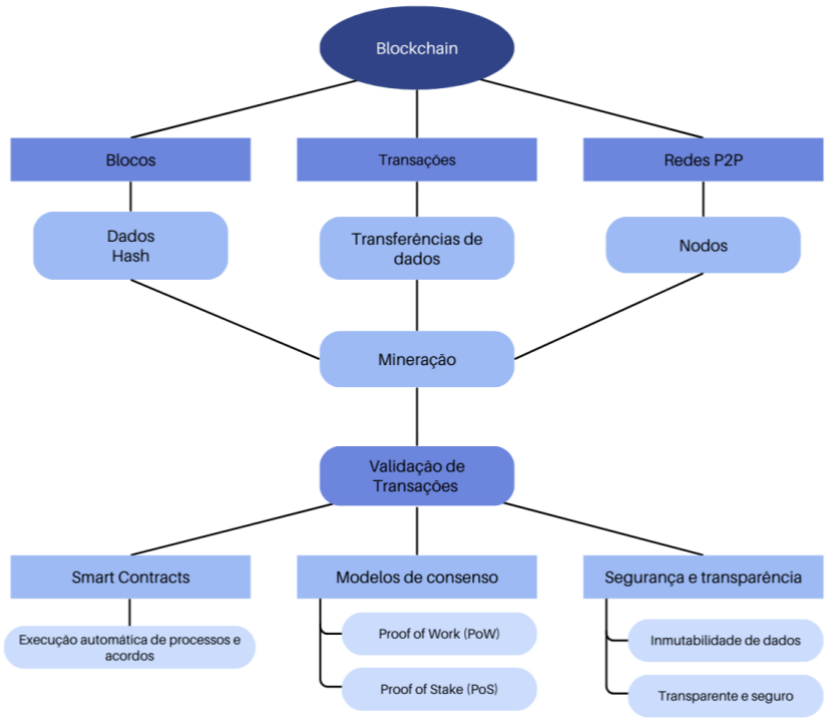
[32] Hafid, Abdelatif & Senhaji Hafid, Abdelhakim & Samih, Mustapha. (2020). Scaling Blockchains: A Comprehensive Survey. IEEE Access. P. 10.1109/ACCESS.2020.3007251.

teoria apelidada de *Scalability Trilemma* foi defendido que se deverá alcançar o equilíbrio ideal do protocolo ao conjugar as três propriedades essenciais. O que, na verdade, ainda que não se traduza numa utopia, a sua concretização exige um grande esforço técnico e monetário, assim como energético (conforme *supra*). Pelo que o que tem vindo a resultar é o foco em apenas duas das propriedades.

O problema da escalabilidade, uma vez que as soluções desenvolvidas ainda não se demonstraram capazes de assegurar as três características/alicerces essenciais da tecnologia levam à constante necessidade de desenvolvimento e inovação.

No esquema *infra* poderemos concluir o presente capítulo com um resumo esquemático de todas as características e mecanismos dos protocolos descentralizados.

Esquema n.º 3: Esquema elucidativo do típico protocolo blockchain



Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO II.

2. Smart Contracts

A automação contratual por detrás da Blockchain

2.1. Noção

Definido inicialmente por Nick Sazbo nos anos 90, como um conjunto de promessas em "*protocolo de transação computadorizado que executa os termos de um contrato*". Os *smart contracts* ainda que, como iremos ver, se estabeleçam com base em tecnologia *blockchain*, que apenas surgiu na ideia do grupo Satoshi Nakamoto em 2008, já tinham os seus conceitos em parte teorizados à data. Poderá inclusive definir-se como veículos de execução instantânea de acordos ou comandos, "*literalmente, códigos de computador colocados em blockchain*"[33]. Poderá inclusive ter-se em conta as propriedades identificadas quanto às redes *blockchain* como alicerces nos mesmos termos aos *smart contracts* – Segurança, imutabilidade e descentralização.

Os *smart contracts*, ou *contratos codificados*[34], são caracterizados pela capacidade de execução automática de acordo com a verificação de condições pré-estabelecidas sem intervenção humana, compondo a base da tecnologia *blockchain* – o protocolo da rede. Não obstante, falamos no caso de uma ausência de intervenção humana direta, uma vez que a mera ausência indireta estará sempre verificada, no limite pela mão que gere ou programa o protocolo. Ainda numa situação limite de criação de *smart contracts* pelo uso de inteligência artificial, que mais adiante será analisado com maior incidência, requereria sempre a existência do programador. Trata-se assim de uma execução automática pré estipulada uma vez verificadas as condições que lhe subjazem.

Importa ainda distinguir para motivos de direção da presente tese o que podemos considerar como a vertente computacional automatizada e as implicações jurídicas em si, diga-se os, smart contracts na sua vertente de codificação digital e automática, e os *smart legal contracts* enquanto vertente jurídica fonte de obrigações[35], isto é, os "*códigos de computador*" e os comandos jurídicos que os fundamentam. O objetivo em análise é assim incidir sobre ambos os tipos de *smart contracts* uma vez que a sua distinção por vezes não ocorre ou é percetível, aliás, geralmente o smart contract mais não é que o comando em código (*smart contract code)* que irá executar na rede blockchain o *smart legal contract*. No entanto retira-se do escopo da tese a análise técnica e informática aos *smart contracts code* assim como aos que não detenham qualquer

[33] Cantali, R. (2022). Smart contracts e direito contratual: Primeiras impressões sobre as suas vantagens e limites. *RJLB, Ano 8 (2022), no. 3*, 1538.
[34] Termo utilizado por Ana Perestrelo de Oliveira cf. Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais*.
[35] Freire. J.P. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p. 48).

enquadramento de contrato de um ponto de vista jurídico (programas de computador de forma a autonomizar comandos sem que estes originem obrigações, ou por outro lado confirmam a efetivação de tais obrigações).

O *smart contract* surge com um conceito bastante inovador e distinto dos contratos tradicionais, principalmente nas características contratuais que transmitem e que estão associadas às propriedades da própria tecnologia subjacente na qual se estabelecem. A inflexibilidade que os protocolos necessitam para gerar a confiança dos utilizadores contende com a flexibilidade típica dos contratos tradicionais e das próprias áreas do direito subjacentes. Questiona-se de que modo a "*automaticidade, rigidez e imutabilidade do contrato codificado pode ser harmonizada pela maleabilidade do sistema protetor jurídico-privado*"[36]. Ou se pelo contrário, a descentralização destes protocolos e os mecanismos que garantem e geram a sua confiança e segurança impõe a desconsideração dos institutos de tutela civil que regulam a tramitação contratual. O que está em causa não é a mera comparação entre o típico contrato *latu sensu,* e os *smart contracts,* mas sim de que forma é que poderemos considerar estas codificações como verdadeiros contratos.

2.2. Natureza Jurídica

Interessa então entender qual a natureza jurídica dos *smart contracts* e se estamos realmente perante verdadeiros contratos ou se poderemos ter uma nova/diferente figura jurídica.

O Acórdão do Supremo Tribunal de Justiça de 11 de maio de 1994 (Processo n.º 084477), apresentou a noção de contrato como um "*acordo vinculativo assente sobre duas ou mais declarações de vontade (oferta ou proposta, de um lado; aceitação do outro) opostas, mas perfeitamente harmonizáveis entre si, que visam estabelecer uma composição unitária de interesses*". Pelo conceito em si, nada obsta a que se reconduza esta aplicação tecnológica à figura do contrato inteligente, uma vez que documentos contratuais já inequivocamente o são na medida em que transpõe o conteúdo acordado[37], e a própria noção de *smart contract*, permite extrair os pressupostos de um contrato, conforme *supra* indicados no acórdão, e aceites pela maioria da doutrina (proposta e aceitação)[38].

---

[36] Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais* (p. 13).

[37] A Meyer, O. (2020). *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts* (p. 6). Journal of European Consumer and Market Law (EuCML) 2020. Ainda que o autor não aceite smart contracts como verdadeiros contratos legais ("What has not been expressly programmed into the code cannot be taken into account. Smart contracts are not that smart after all"), assume a identidade como documentos contratuais na medida em que desencadeiam ações automáticas após a ocorrência do código associado, consequências que à partida foram inseridas e tomadas em conta *ab initio*.

[38] Artigo n.º 232.º e 233.º do Código Civil. Lima pinheiro assume smart contract com um contrato, no entanto não sendo um tipo contratual, mas sim "um contrato que utiliza tecnologia para desempenho e eventualmente conlclusão" cf. Pinheiro, L. de L. (n.d.). Laws Applicable to International Smart Contracts and Decentralized Autonomous Organizations (DAOS). *Centro de Investigação de Direito Privado (CIDP) Research Paper No. 02/2023,* (p.8). Com o mesmo entendimento Freire. J.P. (2023). *Blockchain e Smart*

Enquanto os contratos tradicionais seguem uma modalidade de proposta em que a oferta à partida ocorre no imediato e com a estipulação *ab initio* dos pressupostos contratuais, nos contratos codificados a execução é projetada sob condições pré-estabelecidas e sem a intervenção humana na criação das obrigações contratuais. No entanto existe um concreto objeto determinável (artigo 280.º do Código Civil), e ainda que as suas prestações possam ainda não estar verificadas podemos extrair uma proposta, que em última análise já ocorreu na programação da rede e/ou ocorre sucessivamente com a criação de novos blocos. O mesmo se dirá no caso da aceitação, que à partida oferece um entendimento ainda mais facilitado – a aceitação de um *smart contract* ocorre com a interação do utilizador com a rede, ao aceitar os termos propostos e a as condições programadas no protocolo. Questão diferente será se o utilizador estará instituído na maior das suas capacidades de interpretação e literacia[39].

O entendimento dos *smart contracts*, à luz do direito dos contratos contratual não é incompreensível. No entanto, existe uma visível aversão a considerar os *smart contracts* como um tipo contratual, mas a verdade é que os mesmos poderão ser inseridos em tipos contratuais já existentes como é o caso do comércio eletrónico. O que parece ser o caso é se o mecanismo utilizado (por *blockchain*) está regulado ou não, e neste caso não se trata de um tipo contratual, mas sim, um contrato, regulado nos termos da legislação existente, mas com uma lacuna quanto à regulação do meio em que se concretiza. Pelo que a constante dúvida em torno da disputa entre o contrato tradicional e um smart contract já não se justifica. O problema não cremos estar na denominação em si, isto é, na equiparação dos smart contracts ao contrato tradicional, mas antes se o direito aplicável poderá ser o mesmo.

A verdade é que nos parece que é um pouco duas situações. O que que tende em estar em causa é na verdade um instituto híbrido que poderá não só ter aplicação da legislação contratual clássica e ser tratado com um verdadeiro tipo contratual, como nos é ainda permitida a consideração de outros mecanismos de regulação e legislação que lhes poderá ser aplicada mediante os institutos de interpretação do direito. Como Ana Perestrelo de Oliveira escreve, o *smart contract "pode ser o contrato, completar o contrato ou autonomizar a execução do contrato"*[40], no entanto, que *"a contratação na blockchain não pode ser assimilada à contratação*

Contracts - Implicações Jurídicas (p. 98). Em sentido contrário Olaf Meyer que denomina smart contract como "baboseiras computacionais" cf. Meyer, O. (2020). *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts* (p. 5). Journal of European Consumer and Market Law (EuCML) 2020. No mesmo sentido Finck ao considerar que os contratos inteligentes deverão ser considerados contratos, mas não no sentido jurídico, antes uma sequencia de instruções que são executadas, cf. Finck, M. (2019), Grundlagen und Technologie von Smart Contracts, *Smart Contracts* (p. 8). Mohr Siebeck.

[39] *Erbguth, J., smart contracts complete* (2019), Transparenz von Smart Contracts, *Smart Contracts*, (p. 28), Mohr Siebeck - Afirma que a complexidade de um smart contract, que é essecialmente um contrato programado, tem de ser compatível com o direito contratual em que se insere, no entanto, essa mesma complexidade não poderá ser entendida como obstáculo à validade do mesmo. Em sentido oposto Markus Kaulartz M., *smart contracts complete* (2019), Smart Contract Dispute Resolution, *Smart Contracts*, (p. 74), Mohr Siebeck.

[40] Cit. (Oliveira, 2023, p. 24)

tradicional (...) A ligação com a realidade off chain, em especial, depende da sua codificação e será maior ou menor precisamente em função dos elementos de ligação acordados"[41].

Em suma, e puramente quanto à natureza dos smart contracts parece-nos que a questão assume uma dimensão mais prática que teórica. Não se trata de ficcionar novos regimes, mas sim adaptar o que é a inovação tecnológica e fintech à realidade contratual[42]. Não quer isto dizer que as implicações e desafios jurídicos se sanem puramente pela constante articulação entre regimes. E, não obstante, com o entendimento aqui assumido, a direção a seguir poderá ser de regular de melhor forma os *smart contracts*, que ainda ao dia de hoje carece de uma efetiva proteção que se ajuste à evolução tecnológica blockchain. Além do mais, a ausência de pacificidade em torno da questão de comparação com o contrato tradicional prende-se com a incapacidade do s*mart contract* coadjuvar com os institutos contratuais, não tanto com a natureza em si, uma vez que existem regimes que já preveem por exemplo o mesmo tipo de contratação – eletrónica[43]. O mesmo se dirá quanto a uma natureza jurídica de *smart contracts* no âmbito internacional. Como se trata de uma tecnologia ainda em ajuste são vários os entendimentos de cada ordenamento jurídico. Ainda assim, pelos argumentos expostos, e pelo princípio da autonomia privada das partes somos levados a entender que os *smart contract* são efetivamente verdadeiros contratos, autonomizados e imutáveis, ainda que atípicos e isolados no direito civil. A complexidade da contratação inteligente não poderá resultar no afastamento do direito dos contratos e da liberdade contratual das partes.

2.3. Quadro Regulatório

Cabe então estabelecer uma análise ao direito aplicável aos smart contracts. No ordenamento jurídico português como já por nós foi assumido, poderemos, e devemos de facto considerar os *smart contracts* como um contrato, o que permite a sua interpretação à luz do direito dos contratos e dos limites gerais do direito, "*observando as exigências da segurança jurídica e justiça nas relações empresariais*"[44] . Questão diferente será se a aplicação do direito ocorre de forma passível ou se pelo contrário existe uma incompatibilidade com os institutos contratuais[45]. No entanto é inequívoca a aplicação dos limites gerais do direito. Não deverá, portanto, ser admitido

[41] Cit. (Oliveira, 2023, p. 74)
[42] Assim, Freire. J.P. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p. 53). – "Parece-nos, contudo, que se a interpretação e integração de smart contracts for possível, não será necessário virar as costas a centenas de maturação destas técnicas a favor de um novo regime. A dificuldade apresentada pelos smart contracts é uma dificuldade de forma e execução e não de conteúdo".
[43] Decreto-Lei do Comércio Eletrónico, DL n.º 7/2004, de 07 de janeiro
[44] Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais* (p. 15).
[45] Vide Cap. 2.4.

o *smart contract* que contenda com a ordem pública, aos bons costumes, a boa-fé, etc., assim como nos termos gerais à segurança jurídica[46].

Poderá então questionar-se que outros diplomas já existentes poderão ter aplicação à matéria, e que porventura correspondam mais alinhadamente com a realidade descentralizada. Ainda quanto ao ordenamento jurídico português (e comunitário), o Decreto-Lei do Comércio Eletrónico, DL n.º 7/2004, de 07 de janeiro[47], transposto da Diretiva n.º 2000/31/CE, estabelece o princípio da liberdade de recurso à via eletrónica, quer na celebração de contratos quer de controlo da resolução provisória *prima facie* dos mesmos. Ora, nos termos do artigo 24.º do diploma quanto ao âmbito da contratação eletrónica, este estipula que *"As disposições deste capítulo são aplicáveis a todo o tipo de contratos celebrados por via electrónica ou informática, sejam ou não qualificáveis como comerciais."* – Os smart contracts são também contratos eletrónicos[48]. O que demonstra que de facto poderemos ter já um mecanismo de controlo e regulação dos *smart contracts*, comportando até um tipo contratual. Aliás, nos termos do artigo seguinte, 25.º, n.º 1, "*É livre a celebração de contratos por via electrónica, sem que a validade ou eficácia destes seja prejudicada pela utilização deste meio*". É notória a liberdade de estipulação que o legislador se esforçou em garantir, o que numa perspetiva de futuro e desenvolvimento tecnológico se justifica. O que se pretendeu com estas estipulações foi efetivamente adaptar a realidade contratual em vigor aos desvios e inovações tecnológicas, sem contender com o instituto geral do negócio jurídico[49]. Interpretação que porventura poderá transpor-se para a realidade *blockchain* e consequentemente os smart contracts. (relembrado: enquanto *smart contracts code* e *smart legal contracts* como um todo). O Decreto-lei destaca ainda uma introdução que ao caso releva enquanto reafirmação da aplicação não só do próprio diploma, como aos institutos gerais aos smart contracts – o artigo 33.º, n.º 1, ao dispor que *"À contratação celebrada exclusivamente por meio de computadores, sem intervenção humana, é aplicável o regime comum, salvo quando este pressupuser uma actuação".*

O novo Regulamento (UE) 2023/1114 relativo aos mercados de criptoativos (MiCA)[50], ainda que tenha acrescentado uma inovação na regulação do mundo blockchain, pela direção assumida deixou de fora do seu âmbito grandes questões em torno das redes blockchain e os respetivos smart contracts.

---

[46] Com o mesmo entendimento Freire. J.P. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p. 89).

[47] Transposto para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/31/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Junho de 2000, relativa aos serviços da sociedade de informação, em especial do comércio electrónico, no mercado interno.

[48] Com o mesmo entendimento (Ramos, H. (2019). *Smart contracts: entre a tradição e a inovação in FinTech II - Novos Estudos sobre Tecnologia Financeira* (p.185).

[49] Com este entendimento Hugo Ramos, Coord. António Menezes Cordeiro, Ana Perestrelo de Oliveira, Diogo Pereira Duarte. (2019). *FinTech II - Novos Estudos sobre Tecnologia Financeira* (p. 188).

[50] Regulamento - 2023/1114 - EN - EUR-Lex, Europa.eu (2023). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1114.

2.4. Implicações jurídicas[51]: *Análise da Tecnologia Blockchain e Smart Contracts nos Institutos Contratuais Tradicionais*

2.4.1. Vontade negocial na automaticidade de execução

Como vimos, os *smart contracts*, assim como toda a tecnologia *blockchain*, executam-se de forma autónoma e automática, operando as obrigações programadas sem intervenção humana. O que pode suscitar questões quanto à vontade negocial, e ainda, quando se verifique vontade negocial, mas que ocorra erro na programação do protocolo ou do comando, que como produto puramente tecnológico e informático poderá enfermar naturalmente de lacunas ou erros na automação.

À partida a própria tecnologia está concebida de forma a não executar erros, uma vez que o protocolo e a forma estrutural da blockchain permitem que os utilizadores autocorrijam o erro, e detetem facilmente o mesmo. Já do ponto de vista da formação da vontade o mesmo não se poderá afirmar com certezas. Aliás, a questão em torno da formação de vontade negocial apenas se aplica quando existe um *smart contract* formado pelo *smart contract code* e o *smart legal contract*[52] , uma vez que no primeiro, em que apenas se verifica a codificação informática de uma sistematização automatizada, é difícil encontrar questões quanto à manifestação de vontade.

Partindo do pressuposto que se aplica o direito civil aos *smart contracts*, conforme o artigo 33.º da LCE, quanto ao regime comum em erro na formação da vontade aplicaremos o Código Civil[53]. O artigo 251.º do CC refere que o *"erro que atinja os motivos determinantes da vontade, quando se refira à pessoa do declaratário ou ao objecto do negócio, torna este anulável nos termos do artigo 247.º"* – sendo ainda necessário que se verifique os pressupostos da anulabilidade vertida no artigo 247.º, nomeadamente a essencialidade e cognoscibilidade do erro.

---

[51] O atual capítulo desenvolve as implicações jurídicas que mais têm dividido a doutrina e os ordenamentos jurídicos. No entanto, uma análise concreta quanto à matéria dos smart contracts é vasta e complexa, pelo que na presente obra não serão tratadas todas as implicações ao nível do direito, mas assim com maior foco nas implicações que contendam em maior escala no direito societário. Quanto a matérias não tratadas mas que contendem com a temática - direitos do consumidor e proteção de dados. Ainda, com uma abordagem inovadora e interessante quanto à compatibilização do sistema jurídico com o instituto da insolvência veja-se Oliveira cf. Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais*. P.96-100. A autora propõe que *"a solução ideal seria naturalmente a existência de um oráculo que transmitisse a informação sobre a declaração de insolvência à blockchain".*

[52] Relembramos que importa ainda distinguir para motivos de direção da presente tese o que podemos considerar como a vertente computacional automatizada e as implicações jurídicas em si, diga-se os, smart contracts na sua vertente de codificação digital e automática, e os smart legal contracts enquanto vertente jurídica fonte de obrigações, isto é, os "códigos de computador" e os comandos jurídicos que os fundamentam.

[53] Diogo Pereira Duarte aponta mesmo não haver necessidade de recorrer ao LCE artigo 33, aplicando-se diretamente o Código Civil, cf. Diogo Pereira Duarte, Coord. António Menezes Cordeiro, Ana Perestrelo de Oliveira, Diogo Pereira Duarte. (2019). *FinTech II - Novos Estudos sobre Tecnologia Financeira* (p. 178).

Já quando a programação não corresponde à verdadeira vontade das partes discutimos o risco de erro de programação e do regime do cumprimento defeituoso. Nas palavras de Antunes Varela[54], "*o cumprimento defeituoso apenas se dá quando a prestação realizada pelo devedor não corresponde, pela falta de qualidades ou requisitos dela, ao objecto da obrigação a que ele estava adstrito"*. E neste caso uma vez que os *smart contracts*, pela sua inflexibilidade característica não permitem a alteração contratual do programa suscita um problema jurídico – O cumprimento do contrato subjacente ao *smart contract* (o *smart legal contract*) não se verifica, e perante uma situação de incumprimento[55], que mecanismos poderão ser utilizados no âmbito do direito civil? Perante uma efetiva discrepância entre a vontade das partes e a programação em código ou as obrigações que originou, sempre se dirá que se efetiva a utilização dos institutos de tutela, nomeadamente indemnização ou restituição da prestação nos termos gerais do artigo 799.º do Código Civil quanto ao cumprimento defeituoso[56], não obstante a sanação posterior do vício mediante a autocorreção prevista do código, ou ainda conforme veremos adiante, na utilização *off-chain* (fora da rede blockchain) de institutos destinados à resolução de conflitos, ou no caso concreto, de correção de erros de programação.

No entanto, cabe entender de que modo poderemos verificar a existência de um erro de programação mediante a interpretação do clausulado, ou código subjacente. A interpretação, nos termos do artigo 236.º a 239.º do CC estará, no entanto, sempre dependente da verificação de vários fatores, desde logo se existe um *smart legal contract* subjacente à codificação expressa, isto é, se existe uma adaptação da linguagem jurídica à linguagem computacional – código. Ou ainda se a relação entre as partes pode influenciar o sentido do *smart contract* (que na maioria da utilização *blockchain* não se verifica)[57].

Por outro lado, no caso dos *smart contracts code*, em que não existe uma linguagem clara que transponha a codificação do smart contract, leva a tarefa de interpretação a uma complexidade que por vezes apenas pode ser suprida pela leitura especializada do protocolo e da programação em si, ou pelo método do *"codificador ou programador razoável",* de modo a estabelecer uma prevalência quanto ao significado codificado[58].

A interpretação de *smart contracts*, surge assim como um desafio, em que a doutrina, tende a defender a necessidade de introdução de mecanismos de execução, que regulem e estipulem os institutos de interpretação de litígios no próprio *smart contract* para resolução do problema, permitindo assim a execução automatizada transparente e verificável perante a

[54] Varela, Antunes. (2017). *Das Obrigações em Geral*, vol. II, Almedina, Coimbra.
[55] Vide Cap. 2.4.3.
[56] Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais* (p.56).
[57] Cf. (Oliveira, 2023, p. 58).
[58]Cit. (Oliveira, 2023, p. 56).

formação de erros, originários ou subsequentes[59]. Aliás, o protocolo *blockchain*, mais não é do que cláusulas contratuais gerais da própria rede, uma equiparação à figura do prospeto, que permite configurar a rede e informar terceiros e possíveis utilizadores das finanças descentralizadas (DeFi). Assim, permitem informar e antever situações de forma exaustiva em contraste com a imutabilidade que se associa à *blockchain*[60].

Por fim, os mecanismos/regras previstos pelas partes, e uma vez acordados no protocolo (*smart legal contract*), indubitavelmente prevalecem perante a linguagem computacional programada (*smart code*)[61]. No caso dos *smart contracts* em que se pretende relevar apenas a linguagem computacional em detrimento da vontade das partes, então essa mesma estipulação deverá estar prevista[62].

Assim, interessa distinguir duas situações distintas: a) Vícios da vontade, e b) Defeitos no sistema. Perante erros quanto à manifestação da vontade contratual, assim como erros quanto à programação dos smart contracts, poderemos recorrer ao Código Civil para nos termos gerais, regular vícios quanto à vontade das partes, e ainda quanto à responsabilidade por produto defeituoso. No entanto, não podemos olvidar a importância da prévia programação e previsão na formação do *smart contract*, que em última análise poderá autonomamente estipular mecanismos de interpretação da codificação e constituir no protocolo as cláusulas contratuais gerais à rede, não obstante, a necessidade de uma interpretação global. Por último, sempre se dirá que esta matéria apenas está pensada numa ótica de B2B. A discussão altera-se quando comparada com o âmbito da proteção de uma parte mais fraca no direito do consumidor[63].

---

[59] "mesmo um Smart Contract perfeitamente transparente em uma blockchain deve lidar com a possibilidade de que as partes contratantes possam ter pretendido algo diferente do que está realmente no código do contrato. No sentido de falsa demonstração não prejudica, a execução do contrato deve então ser ajustada. O mesmo vale se o código do contrato violar o direito obrigatório. Ambos exigem mecanismos de resolução de disputas incorporados de forma transparente para resolver esses conflitos", cf. *Erbguth, J., smart contracts complete* (2019), Transparenz von Smart Contracts, *Smart Contracts*, (p. 31-32), Mohr Siebeck

[60] Nestes termos João Pedro Freire. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p. 92).

[61] No entanto,"a tradução da linguagem natural para códigos computacionais não afasta o risco de divergência entre o que foi expresso na linguagem natural e o que foi codificado." – Cantali, R. (2022). Smart contracts e direito contratual: Primeiras impressões sobre as suas vantagens e limites. *RJLB, Ano 8 (2022), no. 3*, 1553.

[62] Cf. (Oliveira, 2023, p. 62)

[63] A natureza imutável e automática dos smart contracts não poderá contender com os direitos dos consumidores. Neste âmbito, a proteção do consumidor deve pelo menos equivaler à proteção que um consumidor receberia no âmbito de um contrato tradicional. Direitos como o direito de reflexão ou desistência, assim como acesso e transparência no fornecimento de informação são exemplos de cláusulas ou codificações que deverão constar no smart contract. O Regulamento (UE) 2023/1114 veio legislar no mesmo sentido ao estipular o "Direito de Retração", "Procedimentos de tratamento de reclamações", e ainda mecanismos de transparência na informação. Com este entendimento e elaborando ainda mais o assunto *Principios del Instituto Europeo de Derecho (European Law Institute, ELI) sobre tecnologia Blockchain, smart contracts y protección de consumidores*. European Law Institute (ELI), 309. Os autores estabelecem mesmo um conjunto de princípios de proteção ao consumidor que de acordo com os direitos humanos deverá estar em consonância com os contratos codificados.

2.4.2. Incumprimento e os institutos de tutela

Numa ótica de formação perfeita dos smart contracts poder-se-ia idealizar que na sua programação poderia *a priori* antecipar qualquer situação de incumprimento contratual, dotado de mecanismos de resolução de conflitos, ou até mesmo remissões para instituições ou diplomas que tutelam a relação contratual. No entanto, apesar da sua quase impossível realização, também não será de olvidar que em caso de incumprimento releva apurar a causa, mas também a imputabilidade, que nos parece que nos *smart contracts* fica um pouco (para já) aquém das expectativas.

No entanto existem duas perspetivas que temos de ter em conta:

a) Assistência Tecnológica - a utilização de smart contracts para facilitação de negociações em contratação, em que os smart contracts vão assumir uma preponderância meramente de assistência tecnológica, que visa a facilidade em negociações e redução de disputas[64].
b) Figura central na contratação - E por outro lado quando os smart contracts assumem uma figura central e a situação de incumprimento ou disputa ocorre diretamente devido ao *smart contract.*

No primeiro caso o que está em análise é mais um meio efetivo da utilização de smart contracts na regulação entre as partes, que podem recorrer à contratação eletrónica automatizada, e assim fazer uso da evolução tecnológica, para resolução de litígios ou disputas nas relações jurídicas entre as partes, mediante sistemas de resolução automáticos já pré-configurados e aliados à utilização de AI (Inteligência artificial), uma espécie de tribunais virtuais, visando um aumento de eficiência processual com um respaldo máximo da autonomia privada[65]. Parece-nos, no entanto, que este privatizar da resolução de litígios suscita bastantes desafios inultrapassáveis, nomeadamente na proteção e confiança das partes.

No segundo caso, e que nos releva mais, trata-se dos próprios mecanismos de tutela a acionar em caso de incumprimento de *smart contracts* e na proteção das partes[66] - Os mecanismos de resolução de litígios nos próprios contratos, e não o uso de *smart contracts* na resolução de litígios. Trata-se da fase de entender até que ponto o cumprimento contratual deste tipo de *fintech* se coadjuva na sua interdependência para com a vontade das partes.

Quanto ao cumprimento dos *smart contracts*, o que traduz a confiança das partes e que justifica o recurso à contratação inteligente – a confiança e segurança. Em polo oposto poderá o mesmo significar o ponto de tensão e discórdia das partes. O futuro contratual tende a ficar refém

[64] Wagner, G., & Eidenmueller, H. (2021). *Digital Dispute Resolution* (p. 42–44). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3871612
[65] Cf. (Wagner & Eidenmueller, 2021, p. 37).
[66] Uma vez mais retira-se da equação a ótica dos direitos do consumidor, relevando para a presente obra a utilização das redes blockchain e de smart contracts numa perspetiva empresarial e de paridade societária (B2B).

do comportamento computacional do *smart contracts*, que como vimos poderá enfermar de erro, ou ainda suscitar situações de impasse injustificadas – o cumprimento de uma obrigação contratual poderá por vezes reunir as suas condições sem que o efetivo cumprimento se tenha verificada, e vice-versa[67].

O cumprimento dos smart contract surge muitas vezes associada à utilização de oráculos computacionais - "*entidades ou sistemas que fornecem informações relevantes para a execução de smart contracts, atuando como uma ponte entre os smart contracts e o mundo real, permitindo que os contratos automatizados acedam a dados externos necessários para a sua execução"*[68]. Apesar destes mecanismos possibilitarem a que os smart contracts não estejam puramente dependentes da codificação subjacente, os mesmos atentam contra a descentralização característica dos smart contracts. Como dissemos, surge assim uma dualidade de polos entre os mecanismos característicos da tecnologia descentralizada. Resultando em que este mecanismo externo de imputação de factualidade para cumprimento das obrigações contratuais – os oráculos, tenham muitas vezes também de ser descentralizados, mediante a utilização de tecnologia *blockchain* para fornecer oráculos aos *smart contracts*, sob pena de desvirtuar por completo o instituto e a confiança depositada[69].

A questão assume especial relevância quando analisada com o direito tradicional de não cumprimento. Se aplicarmos a este tipo de contratos o regime geral do cumprimento de obrigações, e, por conseguinte, a figura da contratação eletrónica, então quererá o mesmo dizer que em caso de incumprimento, uma vez que se trata de uma execução automatizada, qualquer incumprimento resultará numa impossibilidade de facto[70]. Pelo que, "*deixando o cumprimento de estar na sua efetiva disponibilidade, dificilmente será o devedor responsável pelo incumprimento, que assenta na culpa*"[71](art.º 799.º do Código Civil). Para mais, como nos referimos a partes em situação de paridade (B2B), as mesmas não poderão ser responsabilizadas pelo incumprimento das obrigações, aplicando-se para tal o regime geral de impossibilidade nos termos do artigo 790.º

[67] Faria, J., R. (2020). O regime jurídico da formação e do (in)cumprimento dos "contratos inteligentes" (os smart contracts). *RDC (2020), 3-4.*, 754.
[68] Neste sentido, "Finck, M. (2019). *Smart Contracts* (p. 8), Mohr Siebeck – "Por exemplo, um oráculo pode informar se uma catástrofe natural ocorreu, o que poderia liberar uma apólice de seguro, ou verificar se produtos foram entregues conforme o contrato, permitindo assim a liberação de um pagamento". Ainda, Pinheiro, L. L. Laws Applicable to International Smart Contracts and Decentralized Autonomous Organizations (Daos) in *Estudos de direito da internet* (p. 423) - "oracle can be of three types: *software oracles* that allow information to be extracted online (for example, meteorological information); *hardware oracles* that allow objects to be tracked in the physical world (for example the arrival of an aircraft); and *oracles associated with natural or legal persons* who verify the occurrence of certain facts (for example, a smart contract in which the sale price of a car is paid when it is delivered without defects, the mechanical assessment being entrusted to an expert."
[69] Sobre o assunto das denominadas DON, descentralized oracle network, Freire. J.P. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas* (p.63-65)
[70] Oliveira Ascensão, José, *Contratação Electrónica*, p. 61.
[71] Cit. Faria, J. R. (2020). O regime jurídico da formação e do (in)cumprimento dos "contratos inteligentes" (os smart contracts). *RDC v (2020), 3-4.*, p. 755.

do Código Civil. O espectro da discussão eleva-se à presunção ou não de culpa[72], mas como foi já discutido, os demais regimes gerais do direito, como deveres de cuidado, boa-fé e ainda deveres de informação são aplicáveis, quer ao programador quer às partes que se utilizam da plataforma e da contratação descentralizada, o que transforma a questão numa vertente bastante teórica, uma vez que não resolve problemas mais complexos, nomeadamente quando a situação de incumprimento surge no âmbito pré-contratual ou ainda perante o instituto da alteração das circunstâncias[73].

O ponto da situação então poderá traduzir-se no seguinte: Aplicando os termos gerais do incumprimento aos *smart contracts* deparamo-nos com o contraste entre a presunção de culpa e a impossibilidade de facto associada ao não cumprimento de obrigações automatizáveis e fora do escopo de disponibilidade das partes. O que leva à seguinte questão – Poderão as partes estar presente um risco assumido e partilhado na contratação inteligente e automática e para com as obrigações que venham a ser originadas, mesmo que fora do escopo de intenção contratada? O entendimento da doutrina, e nosso entender, leva a afirmar nesse sentido. O dever de gestão aqui presente deverá ser chamado à colação, aceitando as partes o risco de incumprimento das obrigações nos *smart legal contracts*[74].

Por fim, quando já numa efetiva situação de incumprimento, então o meio de resolução de litígios poderá/tenderá a ser sanado com recurso a tribunais (denominadas *off-chain resolution*), ou em última análise no próprio *smart contract* (*On-chain resolution).* No caso concreto, a imutabilidade e automatismo impede que a ação do tribunal seja prévia ao incumprimento, logo a sua atuação será na esteia dos efeitos e compensações das partes[75].

Já quanto a uma atuação extrajudicial o problema assume direção mais complexa uma vez que o próprio *smart contract* pode, ou prever cláusulas de remissão (oráculos) arbitral ou judicial (para além de cláusulas que autorregulem certas eventualidades já pré-programadas) ou/e ainda como foi dito, a interseção com outras plataformas e mecanismos de *blockchain* que permitam a análise arbitral dos litígios no âmbito de contratação automatizada e descentralizada[76]. Para além

[72] Barbosa, M. M. (2019). Blockchain e responsabilidade civil: Inquietações em torno de uma realidade nova. Revista de Direito Da Responsabilidade, 223.

[73] Cf. (Oliveira, 2023, p. 79).

[74] Com este entendimento (Oliveira, 2023, p. 91), "o recurso à programação de smart contracts (...) tem subjacente uma opção por determinada distribuição do risco negocial". Ou ainda (Faria, 2020, p.758) "Conclui-se que o não cumprimento se deixa configurar, em regra, como uma impossibilidade, aceitando as partes o risco da não satisfação dos seus direitos"

[75] Veja-se o litígio entre a plataforma *Quoine* e B2C2 no tribunal superior de Singapura que julgou um caso de erro na programação originando a análise aos institutos da boa-fé assim como à atribuição de indemnizações por violação da confiança gerada, cf. https://www.nortonrosefulbright.com/en-gb/knowledge/publications/6a118f69/singapore-courts-cryptocurrency-decision-implications-for-trading-smart-contracts-and-ai

[76] Como o caso *Kleros*, uma plataforma de justiça descentralizada que utiliza jurados *crowdsourced*, para arbitrar o litígio. As partes podem previamente selecionar o *Kleros* como mecanismo de resolução de litígios no contrato. Em Gabuthy, Y. (2023). Blockchain-Based Dispute Resolution: Insights and Challenges. *Games*, *14*(3), 34. https://doi.org/10.3390/g14030034.

da gestão e celeridade na pendência de litígios que envolvam tecnologia blockchain, aumenta a autonomia privada das partes (em situações paritárias), e desmistifica ainda a impossibilidade de regulação desta tecnologia *fintech*, uma vez que a "*arbitragem tradicional não permite, atualmente, responder de forma adequada aos litígios decorrentes (ou associados) à realidade digital ínsita nos smart contracts*"[77]. Não obstante, a lei vigente será sempre tida em conta e em caso de uma clara violação da lei aplicável às plataformas cedem perante estas, sob pena de nulidade[78].

2.4.3. (Im)possibilidade na Modificação e Resolução contratual

Como vimos anteriormente relativamente às *características da blockchain*, a tecnologia pauta-se por uma propriedade de imutabilidade. Deste modo, é projetada de forma encadeada e imutável, isto é, cada bloco incorpora características do anterior, que garantem a integridade e a segurança da plataforma. Não só por motivos de segurança como para o próprio funcionamento da rede. Pelo que, uma alteração à codificação do protocolo, iriam não só requerer um esforço técnico acrescido de custos associados, como ainda seria *a priori* vedado pela imutabilidade e repartição de risco que as partes assumem na sua opção e vínculo.

Mas será que o instituto da alteração das circunstâncias poderá ser omitido pela mera repartição do risco, isto é, pelas partes assumirem o risco na contratação via *blockchain* significa que pela sua natureza se obsta permanentemente qualquer instituto de modificação ou resolução contratual, mesmo perante uma alteração das circunstâncias?

Para uma efetiva alteração ou modificação contratual mediante o instituto da alteração das circunstâncias, primeiramente o regime teria que ser aplicável. Na medida em que os seus pressupostos teriam sempre de ser verificáveis. Ora, as próprias características das redes blockchain e dos smart contracts em que se baseiam, promovem a descentralização e imutabilidade de dados. A pretensão de uma declaração ou alteração ulterior dos termos ou cláusulas de um contrato nestes termos, significaria um prejuízo e uma onerosidade incompatível com o regime da alteração das circunstâncias para os utilizadores, que desde logo podem nem sequer ser identificáveis.

Além do mais, a confiança gerada entre as partes e que pauta a relação dos utilizadores com as redes blockchain e a contratação automatizada não poderá ser descurada sob pena de desvirtuar

[77] Cit. Boura, M., & David, S. (n.d.). Smart contracts e arbitragem: perspetivas atuais. RDC I (2023), 1, (p.105–115): "as vantagens destes contratos no que respeita à possibilidade de litígio: (i) permitem o armazenamento e manutenção de registos, facilitando a prova, (ii) os "processos de decisão", porque automáticos, são facilmente compreendidos e identificados, reduzindo liberdades de atuação e de discricionariedade próprias da intervenção humana ou (iii) quando utilizados em setores financeiros, os processos de aprovação de financiamentos e o registo de garantias seriam mais eficientes, rápidos e, como tal, comportariam menos custos para as partes."

[78] Cf. (Freire, 2023, p. 96).

um dos pressupostos basilares da tecnologia blockchain. Poder-se-ia dizer que o risco assumido pelas partes e a confiança gerada na opção por um sistema rígido e descentralizado justificam por si a não aplicação do regime da alteração das circunstâncias, por entendimento de que estes riscos assumidos[79] se inserem nos *riscos próprios* do contrato (art.º 437º do Código Civil)[80] – Não subscrevemos este entendimento.

Ora vejamos, ainda que o risco contratual assumido releve para a superveniência contratual, as anormalidades de certas situações têm inevitavelmente que ser tidas em conta, e analisados os pressupostos[81] – nomeadamente a alteração anormal das circunstâncias[82]. Ou seja, ainda que os riscos tenham sido assumidos pelas partes (relembre-se B2B) certas circunstâncias pela sua imprevisibilidade lesam gravemente os princípios da boa-fé e não estão cobertos pelos riscos próprios do contrato (Art.º 437.º do Código Civil). A pedra de toque para uma eventual alteração ou modificação contratual nos *smart contracts* está na excecionalidade da circunstância. Não será de todo supra oneroso considerar a pandemia covid-19 como uma situação que altera e desvirtua por completo os riscos associados ao próprio contrato. Situações que lesam gravemente os interesses das partes, e que por motivos de imprevisibilidade não requerem um risco típico considerável, são objeto de aplicação do regime da alteração de circunstâncias. Atente-se que no atual capítulo não se analisa uma mera alteração de circunstâncias que levou à descoberta de um erro na programação (que pela imutabilidade poderá ocorrer), nesse caso o regime já será numa ótica de erro e não alteração das circunstâncias, conforme o subcapítulo anterior. O que agora se analisa é o facto do afastamento de normas contratuais no smart contract, ou cláusulas válidas, mas que pela alteração superveniente de circunstâncias já não se inserem na vontade das(s) parte(s)[83].

Ainda assim, a consideração de uma alteração ou resolução contratual numa rede blockchain, ainda que numa circunstância estritamente atípica, não deixa de constituir uma lesão imensurável na confiança dos utilizadores e das partes contratuais, para além da dificuldade que seria adotar

[79] Exceto se as partes assentirem inicialmente mecanismo que regule a alteração das circunstâncias.
[80] Com este entendimento, Tjong Tjin Tai, E. (2017). Formalizing Contract Law for Smart Contracts. *SSRN Electronic Journal*, (96 e ss.). https://doi.org/10.2139/ssrn.3038800
e Fonseca, A. T, Smart contracts. *Católica Talks - Direito E Tecnologia*, 152–154.
[81] O instituto de alteração das circunstâncias no ordenamento jurídico português prevê "cinco variáveis: (a) as circunstâncias em que as partes fundaram a decisão de contratar; (b) tiverem sofrido uma alteração anormal; (c) tem a parte lesada direito à resolução ou à modificação do contrato; (d) desde que a exigência das obrigações assumidas afete gravemente os princípios da boa-fé; (e) e não esteja coberta pelos riscos do contrato. Cit. Cordeiro, A. M. (2017). Tratado de Direito Civil Volume IX - 3a Edição (p. 684).
[82] O professor Oliveira Ascensão alude aos contratos gratuitos e aleatórios, no entanto, e no âmbito da discussão poderá porventura ter cabimento aos smart contracts, uma vez"não se deve confundir esta matéria com a temática comum do risco, que repercute outros pontos de vista . Uma coisa é a repartição do risco, outra a problemática da relevância dos acontecimentos extraordinários. É verdade que se o contrato é aleatório a parte aceitou o risco. Mas a alteração das circunstâncias pode ser relevante mesmo no domínio dos contratos aleatórios, porque o que estiver para lá do risco tipicamente implicado no contrato pode ser atingido". Cf. Oliveira Ascensão, José, *Alteração das circunstâncias e justiça contratual no novo Código Civil*, (p. 14).
[83] Neste sentido, Cordeiro, A. M. (2017). Tratado de Direito Civil Volume IX - 3a Edição (p. 622).

mecanismos (oráculos) que pautem a relação dos *smart contracts* e da rede com institutos da boa-fé ou ainda de ponderação do risco. Pelo que a análise deverá ser tida com cautela. Mas quererá isto dizer que o regime só se poderia aplicar em situações totalmente atípicas de calamidade?

Pela difícil aplicação, e pelos riscos contrastados em jogo, leva-nos a querer que sim. Apesar de na teoria ser possível pela verificação dos pressupostos, na prática a aplicação do regime de resolução ou modificação contratual, ainda que pela alteração de circunstâncias torna-se bastante improvável e de difícil aplicação.

Mas na eventualidade de uma alteração contratual ao *smart contract* por alteração das circunstâncias, que não obstante o exposto, não se veda por completo. Existem mecanismos que apesar da já conhecida rigidez da tecnologia *blockchain* que parece obstar a qualquer tipo de alteração ao encadeamento estabelecido, permitem o controlo e supervisão aos blocos, e que inclusive possibilitam a alteração ou substituição de blocos – mecanismos de obtenção de consenso, ou ainda na celebração de novos *smart contracts* de transação inversa[84], isto é a programação ou reprogramação do smart contract, ou da rede *in fine*[85]. No entanto, como dissemos, torna-se bastante lesiva da caracterização da tecnologia. Pelo que, e quanto aos efeitos jurídicos de uma alteração anormal de circunstâncias, os mecanismos de compensação devem ser sempre aplicáveis quando o panorama jurídico é alterado e de forma a ressarcir totalmente os lesados.

No caso em que não se entenda juridicamente pacífica a aplicação do instituto de resolução e modificação contratual aos smart contracts, deverá em última análise o instituto da compensação salvaguardar as partes de acordo com o risco assumido. Isto é, nos casos em que se verifique uma efetiva alteração das circunstâncias, mas que por motivos de impossibilidade tecnológica ou conceptual não se permita a efetiva modificação ou resolução contratual deverá, no entanto, configurar-se uma pretensão indemnizatória e compensatória, assim como uma mera eficácia *interpartes*, nestes termos protegendo a posição de terceiros nos termos gerais (Artigo 435.º do Código Civil)[86].

Ademais, no limite, como já referimos anteriormente, nada obsta, no entanto, à aplicação dos institutos tradicionais de resolução de litígios, nada impede o tribunal de ordenar uma alteração, resolução ou ainda a aplicação de regimes indemnizatórios. Assim como nada obsta à utilização

[84] Expressão utilizada por Ana Perestrelo de Oliveira, considera que o princípio da boa-fé pode justificar o dever de renegociação (reprogramar o contrato) "capaz de repor o equilíbrio negocial modificado. Trata-se como vimos de circunstâncias estritamente excepcionais, mais do que num contrato comum (...) e conjugada com uma pretensão indemnizatória", cit. (Oliveira, 2023, p. 87).

[85] Os meios técnicos não serão analisados por não se inserirem no âmbito da obra, podendo, no entanto, sobre o assunto, *Bitcoin Forks: Protocols, Upgrades, and Changes | Gemini*. (2023). Gemini. https://www.gemini.com/cryptopedia/bitcoin-fork-protocol-upgrades-blockchain-changes#section-what-is-a-bitcoin-fork: "*an intentional fork is implemented to repair or resolve the history of a protocol in response to a catastrophic bug or hack*".

[86] "A eficácia retroativa proclamada em termos gerais no artigo 434.º é meramente interna, só excecionalmente podendo ser afetados os direitos de terceiros", cit. (Oliveira, 2023, p. 88).

de meios externos ao próprio *smart contract* ou rede, como é o caso já evidenciado de entidades arbitrais descentralizadas para estes casos[87], não obstante a análise concreta, uma vez que geralmente as partes contratuais em contratação inteligente poderão ascender a uma escala global, em que a lesão e o risco dificilmente possam ser identificáveis ou apreciados

No ordenamento jurídico alemão, ainda que o instituto de alteração contratual seja complexo[88], uma vez que a alteração das circunstâncias é conduzida à aplicação de erro na base do negócio[89], este admite mecanismos para lidar com circunstâncias de litígio entre as partes em *smart contracts*, nomeadamente o tribunal poderá intervir caso se verifique uma violação de normas legais, determinando *in fine* a alteração ou resolução contratual[90].

Em suma, os smart contracts ainda que na nossa opinião sejam contratos nos termos gerais, a sua contratação ainda encontra bastantes limites, acima de tudo pela falta de regulação que permita a aplicação de regimes mais intrusivos em comparação com a contratação tradicional, como a alteração ou resolução contratual.

A segurança da rede e a inflexibilidade como referimos é o ás da tecnologia blockchain, pelo que na iminência de uma desfiguração da confiança gerada os regimes aplicáveis poderão não ser adequados para uma efetiva proteção das partes e interesses da própria rede.

No entanto, conforme foi dito, não quer isto dizer que o regime da alteração contratual por circunstância superveniente não seja aplicável, e em certos casos adequado (caso covid-19). No entanto, a sua realização não só é de difícil execução como os próprios mecanismos *blockchain* obstam a que a análise conceptual ao nível da boa-fé e do risco assumido pelas partes (que figuram como pressupostos do instituto da alteração das circunstâncias) seja verificável.

Ademais, não será de desconsiderar a possibilidade de recorrer aos tribunais para resolução de litígios emergentes da alteração de circunstâncias que porventura decida sobre a causa, conforme outros ordenamentos jurídicos, assim, como a utilização de oráculos que remetem para entidades descentralizadas de forma a arbitrar e agilizar o processo e a resolução do litígio.

Por último, seja qual for a decisão, sempre defendemos a aplicação aos *smart contracts*, dos institutos de tutela, nomeadamente de compensação e indemnização nos termos gerais[91].

[87] Veja-se o subcapítulo anterior.
[88] § 313 do BGB.
[89] Neste sentido Cordeiro, A. M. (2017). Tratado de Direito Civil Volume IX - 3a Edição (p. 660-661).
[90] Riehm T. "Smart Contracts und verbotene Eigenmacht" in *smart contracts*, (p.46).
[91] Neste sentido Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais*. Almedina. P. 87.

CAPÍTULO III.

3. Decentralized Autonomous Organizations (DAO's)

Sociedades Blockchain?

3.1. O conceito de entidade autónoma e descentralizada.

Primeiramente foi tratado o conceito geral - *a tecnologia blockchain.* De seguida, analisámos a contratação que está na génese da tecnologia e que permite que os comandos se possam estender à efetiva aplicação das obrigações subjacentes, assim como possíveis vícios, regulação e lacunas na sua (falta de) regulamentação. Por ora, faltar-nos-á analisar quando a utilização de contratação inteligente com base na tecnologia descentralizada e automatizada num âmbito totalmente autónomo e governativo resulta numa entidade totalmente descentralizada, com própria plataforma, adquirindo características e elementos suficientes para não só ser autogovernada, como ainda ter uma estrutura que prossiga um fim com um determinado objeto. Isto é, organizações baseadas na tecnologia *blockchain*, criadas/fundadas para realização de uma determinada atividade, sem necessariamente ter fins lucrativos, exercida de forma autónoma e sem intervenção humana mediante a utilização de *smart contracts* - Organizações Autónomas Descentralizadas (*Decentralized Autonomous Organizations*)[92].

O conceito surge em 2016 com o projeto "*The DAO*", quando foi criada uma entidade descentralizada e autónoma na plataforma *Ethereum* – uma rede *Blockchain*, que angariou fundos dos seus membros na troca de *governance tokens* (*tokens* de governança sobre a entidade)[93]. O que o programador *Christopher Jentzsch* pretendeu foi descentralizar um fundo de investimento, sob a recompensa de um *token* que permite a participação na entidade e direitos de voto, que, por conseguinte, estariam armazenados/seguros na própria rede. Assim, os utilizadores que detinham

[92] Para a definição de DAO, o Observatório DAO de Lisboa - "DAOs são formas de organização humana baseadas na tecnologia blockchain, na qual vários associados reúnem fundos (geralmente, mas não necessariamente, criptoativos) para realizar uma determinada atividade (não necessariamente com fins lucrativos). O que torna as DAOs diferentes é que a governança da organização é amplamente automatizada e descentralizada, o que significa que o papel tradicional do órgão de gestão é substituído por uma mistura de gestão direta por associados e gestão automatizada por meio de contratos inteligentes", cf. *Lisbon DAO Observatory*. (2016). Lisbon DAO Observatory, in https://lisbondaoobservatory.cidp.pt/what-is-a-dao. A *Consesys*, uma entidade blockchain, define como "governing bodies that oversee the allocation of resources tied to the projects they are associated with and are also tasked with ensuring the long-term success of the project they support." - "Estruturas que supervisionam a alocação de recursos vinculados aos projetos aos quais estão associados e também têm a tarefa de garantir o sucesso a longo prazo do projeto que apoiam", cf. *What Is A DAO and How Do They Work?* Consensys. Retrieved October 23, 2024, from https://consensys.io/blog/what-is-a-dao-and-how-do-they-work.

[93] Cf. *The DAO: What Was the DAO Hack?* Gemini. Retrieved October 23, 2024, from https://www.gemini.com/cryptopedia/the-dao-hack-makerdao#section-origins-of-the-dao.

os *tokens* poderiam votar na disposição e alocação dos fundos coletados a investir[94]. No entanto, a 17 de junho de 2016 a plataforma foi atacada desviando milhões de unidades *Ethereum*, sob uma falha nos *smart contracts.* Apesar de ter "eliminado" o projeto DAO, e criado bastante dúvida na comunidade *blockchain* quanto à sua segurança, não destruiu por completo a ideia por detrás de uma entidade autónoma e descentralizada. A definição de DAO não ficou sujeita apenas ao projeto "*The DAO*", podendo definir-se de variadas formas, e com base nas suas características singulares. Para a presente obra partimos da definição abrangente de DAO, com base na definição inicial de *Christopher Jentzsch*[95] – A ideia de uma organização de decisão descentralizada automatizando as relações e obrigações inter partes.

Estas entidades dizem-se *descentralizadas* uma vez que não requerem uma figura central de gestão, isto é, não necessitam de um gestor ou uma autoridade que assuma as rédeas da atividade, sendo pelo contrário titularizadas de uma forma descentralizada e geralmente a um nível global.

Quanto ao facto de serem *autónomas*, a par dos smart contracts, em que a sua execução efetua-se de uma forma automática, o mesmo se verifica nas DAOs, e aliás, por meio de *smart contracts*. Pelo que, numa ótica empresarial, se uma empresa poderá contratar mediante contratação inteligente (como nos capítulos supra analisámos), no caso de uma organização autónoma e descentralizada a própria entidade é suportada e alicerçada em apenas *smart contracts*. Estes deixam de ser um meio e passam a ser o todo[96]. Podemos assim assumir a DAO como um contrato inteligente conceptualizado de uma forma autossuficiente, com fins lucrativos, e que é detida em conjunto por detentores de *tokens* que financiam e participam nos seus ganhos[97].

Já quanto à sua suscetibilidade de ser uma organização o tema complica-se, uma vez que pelo termo organização pressupõe-se a existência de uma entidade estruturalmente composta pela associação de pessoas ou organismos, cabe então explicitar de que modo ou tipo de estrutura poderá a DAO assumir.

3.2. Sociedade ou veículo Blockchain?

Quando falamos de uma entidade *blockchain*, poder-nos-emos estar a referir a uma entidade que explora a atividade *blockchain*, quer pela mineração de criptomoeadas, quer pela utilização da

[94] Cf. Hannemann, J.-G. A. (2023, November 30). *Decentralized Autonomous Organizations: Unlocking the full potential of blockchain technology for the real physical world by exploring self-organizing and self-regulating decentralized systems by applying smart contracts and first attempts of applying AI*, in International Journal of Law in Changing World. https://ijlcw.emnuvens.com.br/revista

[95] Cf. Jentzsch, Decentralized Autonomous Organization to Automate Governance: Final Draft (2016). Available at: https://lawofthelevel.lexblogplatformthree.com/wp-content/uploads/sites/187/2017/07/WhitePaper-1.pdf (19.07. 2023).

[96] Com este entendimento Rolo, A. G. *Desafios na qualificação jurídica das organizações autónomas descentralizadas (DAOS): O aparecimento da "criptossociedade"?* CIDP Research paper n.º 11/2022, p.57.

[97] Cit. (Rolo), p.60.

tecnologia na prossecução de parte ou todo do objeto negocial. No entanto, nestes casos existe uma estrutura pré-concebida, com organograma de *governance*, e muitas vezes com participações acionistas – Neste caso existe centralização. Questão diferente, e que agora nos debruçamos serão entidades em que a sua atividade é exclusivamente prosseguida mediante a tecnologia *blockchain* e a contratação inteligente, não pressupondo uma estrutura empresarial centralizada, mas sim na unificação de blocos de dados pelos utilizadores. Mas então não será a DAO um veículo[98] ao invés de uma estrutura empresarial? Em que medida poderemos estar perante uma sociedade-veículo[99]?

Em relação a um SPV (*special purpose vehicle*), referimo-nos a uma entidade que pressupõe a existência de outra(s) estrutura(s), que, por conseguinte, irá criar a entidade veículo de modo a poder mitigar algum risco[100]. No entanto, geralmente estas entidades apesar de terem uma estrutura bastante mitigada, sem uma localização física, pessoas singulares associadas, e que pode assumir diferentes tipos legais[101] (desde os tipos societários tradicionais, ou até inovações como *trusts*[102], ou ainda sociedades de titularização de créditos[103]), são controladas por outras sociedades, pelo que não pressupõem a ideia de descentralização. Aliás, mesmo os veículos em si, apesar da ausência de trabalhadores, geralmente têm uma estrutura centralizada com separação de poderes quanto aos cargos desempenhados e tipificado na lei.

Ainda assim, não é de afastar a ideia estrutural das entidades veículo, não por se equipararem às DAOS, mas pela ideia conceptual de aceitação societária dessas entidades. Não obstante, não é de descartar ainda a possibilidade da criação de uma entidade veículo (SPV ou SPE – *special purpose entity*) com uma estrutura DAO, a fim de mitigar uma certa atividade. No entanto, neste caso a descentralização da mesma tem que ser verificável, sob falsa aparência de uma organização totalmente descentralizada e autónoma, uma vez que estaria vinculada à sociedade/entidade gestora ou em relação de grupo.

A estrutura orgânica da DAO torna difícil a tarefa de determinar a sua natureza legal. Sinteticamente permite que uma comunidade sem organismos de decisão e poder possa aferir na

---

[98] SPV (*special Purpose Vehicle*) ou SPE (*special purpose entity*) – Entidade criada especificamente para um determinado fim

[99] Entidades que frequentemente são criadas de forma a mitigar o risco, isolando certos fluxos ou transações de uma atividade, cf. Feng, M., Gramlich, J. D., & Gupta, S. (2009). *Special Purpose Vehicles: Empirical Evidence on Determinants and Earnings Management*, The Accounting Review, vol. *86*(6). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=931214.

[100] Veja-se no caso de *project finance*, em que o cash-flow do SPV é que vai estabelecer a capacidade de autonomia do projeto gerar lucro, cf. Pinto, J. (2013). What is Project Finance? *Investment Management and Financial Innovations*, *14*, p. 200–210. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2368614

[101] Cf. Wharton Staff. (2006). *Enron Aside, Special Purpose Vehicles (SPVs) Are Legal, Innovative and Widely Used*. Wharton School of the University of Pennsylvania. https://knowledge.wharton.upenn.edu/podcast/knowledge-at-wharton-podcast/enron-aside-special-purpose-vehicles-spvs-are-legal-innovative-and-widely-used/

[102] Sobre o tema, Tomé, M. J., & Campos, D. L. (1999). *A Propriedade Fiduciária (Trust) - Estudo para a sua consagração no Direito Português* (p. 309–311). Almedina.

[103] Cf. Oliveira, A. P. de. (2021), *manual de Corporate finance* (2a ed.), p. 183–186.

atividade da mesma. Trata-se de uma estrutura puramente democrática e transparente[104], que aliás já se atesta na própria caracterização dos *smart contracts* e da própria tecnologia decentralizada.

Afastando a equiparação da mera figura de SPV com as DAOS, cabe então analisar que tipo societário poderá assumir tendo em conta que não se insere, à partida, em nenhuma das construções societárias de capitais, como mais adiante iremos confirmar e analisar. No entanto, não será de olvidar ainda assim, que nenhum dos tipos societários tradicionais sejam de facto reais. Na verdade, não passam também de construções fictícias de modo a conferir personalidade jurídica no reconhecimento das relações contratuais e obrigacionistas entre as partes, sob o princípio da separação do património[105]. Ora a DAO, não mais é que um novo desafio de regulamentação e concretização jurídica pela reduzida maturidade que ainda detém.

Assim, parece-nos evidente que a estrutura da DAO não permite que se consubstancie num mero veículo, necessitando antes de uma concretização mais assertiva, e ainda com maior concordância com as características de uma entidade *blockchain* – Uma sociedade *Blockchain*, que se pauta pela descentralização de poderes, transparência nas suas transações, e ainda na automaticidade característica dos smart contracts que estão na base da própria sociedade. Cabendo de seguida analisar que tipo societário se poderá então inserir a DAO, e consequentemente o regime jurídico a aplicar, não obstante a possível necessidade futura de concretização regulatória plena.

3.3. Tipicidade Societária[106] – *Partnerships Blockchain às LLCs*

Pelo que já foi expresso, é evidente o afastamento das DAOS com os tipos de sociedades de capitais (sociedades anónimas e sociedades por quotas). Em primeiro lugar, as DAOS não admitem a centralização do poder de decisão, que pelo contrário caracterizam as sociedades de capitais. Não existe nas DAOS a distinção entre administradores e sócios. Aliás, neste âmbito, e conforme teorizado por *Jentzsch,* as DAOS permitem que os detentores de *tokens* que não votem a favor de uma certa proposta de investimento, possam através do *split mechanism* não pertencer ao lote que irá participar nessa mesma proposta. Permite não só que a decisão não seja dependente da maioria, mas sim que todos os detentores tenham igual poder sobre as suas unidades. Assim como evita que exista uma maioria de voto pela aquisição de maior participação na DAO[107].

[104] Cit. Oliveira, M. P. de, & Boura, M. (20 C.E.). *DAOs and Mandatory Decentralisation: How to assess decentralisation when shaping regulation for DAOs in DAOs and Mandatory Decentralisation*. P. 3.
[105] Cit. (Rolo), p. 63.
[106] O conceito de tipicidade societária – "só podem ser criadas como, e enquanto, sociedades comerciais as organizações que correspondem aos tipos que estão previstos na própria lei". Cit. Cunha, P.O. (2021). *Direito das sociedades comerciais* (7ª Reimpressão). Almedina. P.61.

[107] Cf. (Jentzsch), p. 3.

Em segundo lugar, por não existir uma identidade clara entre a entidade e os utilizadores, cria uma insegurança quanto à responsabilidade solidária dos utilizadores, e porventura dos gestores da rede, que em último ratio origina responsabilidade ilimitada dos utilizadores, condição que não compactua com o regime das sociedades de capitais.

Assim, por não beneficiar de uma estrutura clara, e não expor de forma sucinta a responsabilidade das partes envolvidas, transpõe ainda mais a ambiguidade quanto à qualificação jurídica das DAOS. O que parece ser claro é que uma vez que se configura como uma entidade sem centralização de poderes, sem personalidade jurídica (uma vez que como verificámos não se equipara a nenhum tipo societário tipificado) e sem responsabilidade limitada, não lhe é conferida proteção suficiente nos demais ordenamentos jurídicos.

No direito alemão[108], a natureza jurídica das DAOS é classificada como uma sociedade civil (*Gesellschaft bürgerlichen Rechts* ou GBR). No entendimento do legislador alemão, a ambiguidade jurídica presente nas DAOS, a ausência de uma organização estrutural de poder, e ainda a falta de registo, leva a que as mesmas não tenham estruturalmente capacidade para se reconduzir a sociedades de responsabilidade limitada (*Kommanditgesellschaften*) ou ainda a sociedades de capitais (*Kapitalgesellschaft*).

Quanto à aplicação no direito do Reino Unido[109], a análise vai um pouco mais além da efetuada pelo regime alemão, e porventura português. Uma vez que as DAOS, essencialmente concebidas sob a codificação inteligente, geralmente não detêm um registo ou documento de formação da sociedade, não se poderá então subsumir a aplicação de outro regime que não o da parceria. No entanto, acrescenta que mesmo nesta linha de entendimento terá de existir algumas condicionantes. O legislador assume que as DAOS por natureza nunca poderiam originar responsabilidade limitada nos utilizadores, ou detentores de *tokens*. Além do mais, no caso em que se verifique uma débil relação entre os utilizadores, que consubstancie mais um *smart contract* que propriamente uma DAO, a legislação aplicável deveria ser a do Direito dos Contratos e não do Direito Societário. Pelo que, admite casos em que a questão nem sequer se prende com o regime jurídico aplicável à entidade, mas antes ao tipo de Direito aplicável ao contrato, uma vez que pode não reunir uma relação suficiente que consubstancie uma entidade autónoma. No entanto, ainda que assuma uma perspetiva um pouco mais complexa, a solução é a mesma – a aplicação do regime das parcerias, ou sociedades civis, às DAOS, não beneficiando de personalidade ou capacidade jurídica.

Em Portugal, veio-se a seguir o mesmo entendimento não dispondo de personalidade e capacidade jurídica, na medida em que as DAOS são equiparadas ao regime da sociedade civil,

[108] Mann, M. (2017). Die Decentralized Autonomous Organization – ein neuer Gesellschaftstyp? *Neue Zeitschrift für Gesellschaftsrecht, 20*, 1014-1020.
[109] Cf. Schillig, M. A. (2023). Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) under English law. *Law and Financial Markets Review*, 1–11. https://doi.org/10.1080/17521440.2023.2174814

(art.º 980.º e seguintes do Código Civil), desde que se verifiquem três condições, a) contribuições das partes, b) exercício comum de uma atividade que não seja de mera fruição, e c) fim de repartirem dos lucros (art.º 980.º do Código Civil)[110]. Deste modo, todos os sócios (detentores de tokens) administram em comum a sociedade (artigo 985.º, n.º 1, do Código Civil), que se atentarmos às características da própria plataforma blockchain expressa a realidade – Os utilizadores de forma descentralizada detêm os blocos de dados e através da mineração geram novos blocos. Quanto à responsabilidade dos sócios respondem pessoal e solidariamente uma vez excutido o património da sociedade (artigos 996.º e seguintes do Código Civil).

Pelo exposto, geralmente, associa-se a figura da DAO a uma sociedade *blockchain* de pessoas, ou sociedade civil (*partnership*), com a consequência, regra geral, de não beneficiar de capacidade ou personalidade jurídica. Solução que aliás tem vindo a ser adotada pela maioria dos ordenamentos jurídicos conforme *supra*. Não quererá isto dizer que a natureza legal das DAOS se apura por exclusão dos tipos societários jurídicos não aplicáveis, como vimos. No entanto, pelas características que se apuram – O substrato tecnológico descentralizado mediante smart contracts, e um substrato pessoal mediante os utilizadores que irão formar *in fine* os ativos da sociedade. Levam a que geralmente se associe a DAO ao regime das sociedades de pessoas, e, por conseguinte, sem personalidade jurídica por não se conformar com a tipicidade societária, que, para tal exige a consonância com os requisitos de constituição e estrutura societária[111].

Em suma, e de um ponto de vista conceptual, o entendimento da generalidade dos ordenamentos, especialmente na Europa, considera as DAOS como sociedades civis (*partnerships*), uma vez que não se poderá configurar como um mero veículo, que vise a prossecução de um certo fim de forma a mitigar um risco, ou ainda equiparar à generalidade das sociedades de capitais tipificadas e com personalidade jurídica, uma vez que a sua estrutura e conceção não permite uma aplicação plena dos tipos societários tradicionais. Ainda assim, interessa destacar que a aplicação prática irá depender de cada jurisdição, assim como à legislação aplicável.

3.3.1. Abordagem "inovadora" no quadro internacional – *As Limited Liability Companies (LLC)*

Como verificámos existe uma grande escola de aplicação das sociedades civis às DAOS, não reconhecendo a sua efetiva personalidade jurídica, assim como deixando por desenvolver bastantes implicações quanto à responsabilidade ilimitada dos utilizadores de *tokens.*

[110] Cf. Sousa, J.S., *Decentralized autonomous organisations (DAOs) and knowledge attribution in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 191–206). (2024). Mohr Siebeck.
[111] Cf. (Rolo), p. 69

Debrucemo-nos agora sobre outro patamar de distinção – entre sociedades DAO registadas ("*wrapped*" DAOS) e sociedades DAO não registadas ("*non-wrapped*" DAOS). As primeiras, por beneficiarem de um registo junto de uma autoridade competente, podem estabelecer a sua forma legal. Não quererá isto dizer que se prevê assim a admissibilidade da personalidade jurídica por seleção de um tipo societário previsto num determinado ordenamento. Para tal será sempre necessário que as características dos tipos societários se verifiquem, e não o mero registo da DAO permita que essas observâncias sejam ultrapassadas[112]. Aliás, como vimos o registo junto da autoridade competente não é a única condição da tipicidade societária.

Nas *non-wrapped* DAOS a entidade é criada pela programação dos smart contracts no protocolo, sem qualquer outro registo. É o caso típico supra exposto das *partnerships*, em que não existe personalidade jurídica nem responsabilidade limitada. No entanto, não quererá dizer que a DAO não seja reconhecida legalmente – continua a ser considerada uma sociedade civil (*partnerships*), no entanto sem a respetiva personalidade jurídica que a torne num centro autónomo de efeitos jurídicos, nem titular de direitos ou obrigações. Questão diferente prende-se com as *wrapped* DAOS.

Como vimos, não é admissível que a DAO seja registada sob falsa presunção de um tipo societário que não corresponda com a realidade da efetiva entidade descentralizada. Não obstante, em certos ordenamentos já existe a afirmação da figura de entidades autónomas e descentralizadas no direito material do ordenamento jurídico, assim como a possibilidade de limitação da responsabilidade dos detentores de *tokens* mediante o registo da sociedade junto da entidade competente – surge assim as denominadas *Limited Liability Companies* (LLC)[113], ou sociedades descentralizadas de responsabilidade limitada. Um avanço na regulação das DAOS, e que promove a possibilidade de adquirir personalidade jurídica, assim como limitar a responsabilidade dos utilizadores/detentores de *tokens* da sociedade descentralizada.

Os estados norte-americanos do Tennessee, Wyoming, Vermont, Delaware e mais recentemente do Utah, ainda que em diferentes termos[114], avançaram com a concretização das DAOS como um subtipo das LLC[115] - uma sociedade de responsabilidade limitada com substrato *blockchain*. Esta abertura do direito material ao precedente da DAO como uma LLC promove certeza quanto à governação das DAOS, e ainda permite que os mecanismos dentro da própria DAO possam ser aperfeiçoados – saber o que contar.

---

[112] Möslein, F., & Ostrovski, D. (2024). *Legal personality of Decentralized Autonomous Organizations (DAOs): Privilege or Necessity?* in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation. P. 102-104.

[113] (Möslein & Ostrovski, 2024), p. 105.

[114] https://www.jdsupra.com/legalnews/part-ii-with-new-dao-law-on-the-books-8052353/

[115] Wyoming com o Act No. 73, número SF0038 e o Tenessee com o ato legislativo n.º HB2645/SB2854. O estado de Utah avançou mais recentemente com uma reforma ainda mais inovadora – Assume as DAOS como um novo tipo societário com base das LLC, mas não sendo um subtipo legal. Cf. Utah Code Title 48, Unincorporated Business Entity Act Chapter 4, Benefit Limited Liability Company Act (Effective 5/8/2018), disponível em: https://le.utah.gov/xcode/Title48/Chapter4/48-4.html

Com algumas diferenças entre os estados referidos, e geralmente relacionadas com aspetos mais técnicos das DAOS[116], no geral, quanto à regulação das DAOS, podemos resumir nos seguintes pontos essenciais[117]:

a) O membro da DAO adquire o seu estatuto através do direito de propriedade sobre o *token*, que por sua vez lhe confere direitos de voto e de participação nos lucros dentro da própria DAO, podendo o mesmo ser alterado por acordo das partes e estabelecido na própria programação dos smart contracts;
b) Os smart contracts são reconhecidos como verdadeiros contratos, podendo ainda estabelecer a própria *governance* da DAO e obrigações entre os membros;
c) Responsabilidade limitada, os membros não poderão ser imputados por responsabilidade que exceda os ativos da DAO, permitindo que uma vez esgotados os ativos, os membros não serão responsabilizados por dívidas contraídas pela própria sociedade;
d) Na maioria dos estados, os *tokens* são equiparados a valores mobiliários, implicando, consequentemente, as devidas exigências legais, nomeadamente a necessidade de prospetos e ainda registos junto à comissão dos valores mobiliários dos Estados Unidos (SEC)[118].

Este avanço regulamentar beneficia não só a que a clareza na regulação das DAOS, como ainda permite uma maior transparência e confiança gerada nas operações que envolvam a própria DAO - como as operações com outras empresas se tornem mais seguras (B2B)[119]. Ainda assim, não obstante, e apesar de nos parecer a direção que mais se adequa com os interesses de uma DAO, e ainda protege os interesses dos *shareholders* (membros da DAO), assim como possíveis terceiros – Importa destacar que a segurança que o regime oferece não é totalmente desinteressada. O cumprimento de certos requisitos, desde logo certas exigências legais associadas à equiparação dos *tokens* como valores mobiliários, assim como o próprio ato de registo da sociedade e de identificação dos *shareholders*, levanta a questão: será que, excluindo

[116] Para uma maior distinção quanto às diferentes escolhas legislativas dos estados norte-americanos referenciados veja-se a este propósito Mienert, B. (2021). How Can a Decentralized Autonomous Organization (DAO) Be Legally Structured? *Legal Revolutionary Journal LRZ 2021*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3992329.
[117] Cf. Cramer, P. (2023). *Part II: With New DAO Law on the Books, Utah Joins Race with Wyoming and Tennessee to Become U.S. "Crypto Capital" | JD Supra*. https://www.jdsupra.com/legalnews/part-ii-with-new-dao-law-on-the-books-8052353/. E ainda, *Vermont DAO jurisdictions*. (2023, October 4). Internet Native Organization (INO). https://internetnative.org/vermont-dao/
[118] Mienert, B. (2021). How Can a Decentralized Autonomous Organization (DAO) Be Legally Structured? *Legal Revolutionary Journal LRZ 2021*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3992329.
[119] Não obstante, existe o entendimento que a direção assumida pelo estado norte-americanos enferma de algumas ambiguidades. Nomeadamente quanto à centralização de poderes. Ao conferir uma taxatividade de medidas de segurança, poderá consequentemente atentar quanto à descentralização do protocolo, uma vez que condiciona certas condicionantes quanto à sua incorporação como uma sociedade de responsabilidade limitada. Cf. (Möslein & Ostrovski, 2024), p. 106.

projetos em que se deseje atingir uma maior segurança e proteção, se verifica a mesma necessidade, ou ainda intenção dos membros da DAO na aplicação do regime jurídico das LLC? E ainda, em que medida uma aplicação do regime das LLC com condicionantes que se adequem à natureza das DAOS não se demonstrará, ainda assim, insuficiente?[120]

3.3.2. Abordagem "inovadora" no quadro internacional – *o Regulamento MiCA*

A abordagem quanto à regulação e qualificação das DAOS ainda se encontra em desenvolvimento, e como tal, existem vários entendimentos quanto à sua natureza legal e quanto ao regime aplicável. Como vimos existem já várias concretizações à regulação das DAOS, nomeadamente no direito norte-americano. Quanto ao direito comunitário, cada país tem aplicado a sua lei material tendo em conta a interpretação que é dada às DAOS e à tipicidade societária de cada ordenamento jurídico. Em concreto, apesar de na generalidade não atribuírem personalidade jurídica às organizações autónomas descentralizadas, atribuem natureza legal e aplicam o regime das *partnerships* ou sociedades civis.

Um dos fatores, se não o fator essencial, que tem vindo a elevar a questão da regulação da tecnologia blockchain tem sido o mercado de criptoativos. Ainda que a tecnologia *blockchain* mereça destaque por si só para uma efetiva regulação, tem sido o desejo de controlar e estabelecer um regime mais seguro e transparente nas relações com as criptomoedas que tem motivado toda a "urgência" de um regime a aplicar a este universo. Ainda que os temas *smart contracts* e DAOS estejam na ordem do dia, surgem para já como uma externalidade à intenção de regular o mercado *crypto*. No entanto, não quererá isto dizer que não se possa extrair conclusões, ou ainda regimes jurídicos aplicáveis dos regulamentos afetos ao mercado de criptoativos. Ora neste âmbito interessa analisar o mais recente diploma da União Europeia.

Em junho de 2023, mediante o regulamento (UE) 2023/1114 do Parlamento Europeu e do Conselho (MiCA), foram aprovadas normas para regular o mercado de criptoativos de modo a promover a segurança jurídica quanto a um tema que tem dividido atenções e opiniões ao longo da última década. O regulamento prevê requisitos quanto à oferta e admissão à negociação de criptoativos, bem como a supervisão e autorização dos prestadores de serviços e entidades que emitem moedas digitais eletrónicas[121]. Os objetivos do regulamento são claros, "*proteger investidores"* (consumidores, investidores, e ainda dos prestadores de serviços de criptoativos), "*prevenir a utilização de criptoativos para atividades ilícitas, estabilizar o próprio mercado"* e ainda "*preservar a competitividade dos Estados-Membros nos mercados financeiros e tecnológicos internacionais"*.

[120] Subcapítulo 3.3.
[121] Cf. Vieira dos Santos, J. (2024). *The Nature of the DAO: Transaction Costs, MiCAand a Specific Legal Framework in Descentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation*. P.212-213.

Quanto às DAOS, no entanto, o regulamento, ainda que se diga de forma bastante débil e incompleta, dispõe também de algumas nuances que importam ter em conta. Nomeadamente quanto à aplicação do mesmo a "*pessoas singulares e coletivas e a determinadas outras empresas, bem como aos serviços e atividades de criptoativos por elas realizados, prestados ou por elas direta ou indiretamente controlados, inclusive quando uma parte dessas atividades ou serviços é realizada de forma descentralizada"*[122]- Até aqui parece-nos uma concretização bastante positiva não fosse a afirmação que se segue – "*Caso os serviços de criptoativos sejam prestados de forma totalmente descentralizada, sem intermediário, não deverão ser abrangidos pelo âmbito de aplicação do presente regulamento*"[123]. O regulamento permite uma aplicação flexível, no entanto leva-nos a querer que no caso das DAOS seja apenas uma flexibilidade aparente. Ainda que de uma forma clara e distinta permita que as entidades descentralizadas sejam abrangidas pelo regime do MiCA, estabelece-se, no entanto, sob uma condição quanto ao nível de descentralização das mesmas. Ora, se como dissemos, a tecnologia se pauta por uma total descentralização, o que é que o legislador pretendeu com a limitação da mesma, e assim uma limitação à própria estrutura da DAO? Qual é o nível de descentralização a que se refere? E por último, a descentralização do protocolo blockchain é suficiente? Não nos parece viável, caso contrário a condição de exclusão seria destituída de sentido, uma vez que a premissa é de que os protocolos *blockchain* sejam descentralizados[124].

Nos artigos 16.º, 18.º, 59.º e 62.º do regulamento, é feita novamente menção a "*pessoas coletivas*", levando a querer que o regulamento não é puramente aplicável a empresas com personalidade jurídica nos Estados-Membros, mas também outras entidades reconhecidas pelos mesmos[125] – sociedades civis. Ainda assim, não se poderá afirmar a existência de uma novidade. Como vimos a aplicação já é concretizada pelos próprios Estados-Membros, o que o regulamento veio aditar foi a confirmação desse mesmo estatuto aplicável ao mercado de cripto. Aliás, na Diretiva 2014/65/EU do Parlamento Europeu e do Conselho relativa aos mercados de instrumentos financeiros (MiFID) os Estados-Membros já tinham a possibilidade de inclusão deste tipo de pessoas coletivas a sociedades de investimento[126]. Pelo que, não nos parece que o MiCA tenha vindo introduzir grandes reformas na regulação das DAOS, pelo contrário, parece-nos que ficou aquém do esperado, suscitando mais questões ao reduzir o escopo de aplicação, com uma condição sem concretização que identifique o âmbito de aplicação às entidades descentralizadas que emitam ou transacionem criptoativos.

[122] Considerando 22 do MiCA.
[123] Considerando 22 do MiCA
[124] Com o mesmo entendimento, Oliveira, M. P. de, & Boura, M. *DAOs and Mandatory Decentralisation: How to assess decentralisation when shaping regulation for DAOs in DAOs and Mandatory Decentralisation*, p. 13.
[125] Cit. (Vieira dos Santos, 2024), p.213.
[126] Artigo 4.º, n.º 1 do MiFID.

Por último, importa ainda destacar que o regulamento apenas prevê a regulação do mercado de moedas virtuais, excluindo nomeadamente ativos virtuais não fungíveis. Esta opção do MiCA traduz a sua fragilidade quanto ao reconhecimento da ciência das Finanças Descentralizadas (*DeFI – Decentralized Finance*)[127]. Por este motivo, consequentemente a aplicação às DAOS apenas está prevista quando a atividade envolva criptoativos fungíveis. Pelo que verificamos assim uma dupla exclusão – Quanto à estrutura e quanto à atividade da sociedade blockchain. O legislador limitou a aplicação do regulamento quanto ao nível de descentralização da sociedade e ainda regulou apenas quanto a um grupo restrito de atividades. Veja-se o seguinte esquema que ilustra os *crypto-assets* excluídos do âmbito do MiCA[128].

Esquema n. º 4 – Âmbito de aplicação do MiCA



Fonte: (Vieira dos Santos, 2024).

3.4.Proposta de Framework – *Do princípio da LLC à proteção da Descentralização e Automaticidade*

Analisada a estrutura das DAOS e qual a regulação e regime aplicável nos diferentes ordenamentos jurídicos, interessa agora desenvolver a necessidade de concretamente regular entidades que à partida nasceram pela flexibilidade regulamentar e pela descentralização característica. Demonstrar no nosso entendimento qual o quadro regulatório a aplicar às *decentralized autonomous organizations*[129]. Neste âmbito será relevante entender de que forma

[127] Cf. Maia, G., & Vieira dos Santos, J. (2021b). MiCA and DeFi ("Proposal for a Regulation on Market in Crypto-Assets" and "Decentralised Finance"). *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3875355

[128] Cf. Vieira dos Santos, J. (2024). *The Nature of the DAO: Transaction Costs, MiCAand a Specific Legal Framework in Descentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation*. P.211.

[129] Contra a aplicação de uma regulação mais intrusiva às DAOS veja-se Østbye, P. (2022, January 12). *Exploring The Role of Law in The Governance of Cryptocurrency Systems and Why Limited Liability DAOs might be a Bad Idea*. Papers.ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4007547. O autor assume que a natureza da tecnologia blockchain obsta a uma maior regulação do instituto, que adquire a sua prevalência e interesse pelos utilizadores precisamente pela ausência de regulação intrusiva e mecanismos de autorregulação.

as características destas entidades permitem uma efetiva regulação, e de como se articulam com um efetivo tipo societário.

Como verificámos as entidades que se estabelecem em tecnologia *blockchain* e *smart contracts* pautam-se pela descentralização dos seus organismos. No entanto, questionamos de que modo pode esta fragmentação configurar uma total incompatibilidade de aplicação de regimes materialmente mais intrusivos e tradicionalmente destinados a institutos centralizados. Caberá então analisar primeiramente qual grau de descentralização que nos referimos, e, de seguida, se indubitavelmente obsta à personalidade jurídica das DAOS, e, no limite, à própria regulação.

No âmbito comparado percebemos ainda que a atual realidade das DAOS está em constante mutação, com diferentes perspetivas e interesses no seu controlo e regulação. No entanto, com a evolução das finanças descentralizadas (DeFi) este tema assume maior preponderância e necessidade de uma resposta que harmonize o mercado, promovendo uma efetiva tutela quanto às implicações jurídicas que suscitam, nomeadamente questões relacionadas com a natureza jurídica, tutela dos investidores e ainda da relação com terceiros. O MiCA, ainda que tenha oferecido o primeiro passo na regulamentação das DAOS, deixou fora do seu alcance a concretização de um regime próprio, e apena concretizou o que já era aplicável na maioria dos estados-membros. No âmbito da aplicação das sociedades civis (*partnerships*), que se verifica em grande parte dos ordenamentos jurídicos, a mesma apresenta bastantes limitações legais relativamente à incapacidade e personalidade jurídica (ou à falta da mesma).

No presente capítulo iremos então propor um modelo de regulação DAO, baseado na análise à estrutura blockchain, e a possíveis obstáculos ao consenso do regime jurídico a aplicar, recorrendo, como veremos, ao aperfeiçoamento dos regimes que já se encontram em vigor nos EUA.

3.4.1. Nível de descentralização – *A ligação entre a técnica e a lei*

Conforme foi expresso quanto às características blockchain, um dos pilares da tecnologia é precisamente a descentralização da mesma. Foi também dito que a mesma por vezes pode ser condicionada em nome de uma maior segurança por aplicações fora da rede (*off-chain*)[130]. Além do mais, já é largamente rebatido se esta descentralização atinge de facto um escopo absoluto, ou se não é na verdade uma mera *ilusão*[131]. Na verdade, há que ter em conta que o tema da descentralização é bastante complexo e a análise legal torna-se desafiante sem antes existir uma

[130] Veja-se os subcapítulos 2.4.1 e 2.4.2.

[131] Cit. Oliveira, M. P., & Boura, M. (2023). *MiCA e DeFi: onde fica a regulação no caminho da descentralização? in MiCA - Estudos sobre a Nova Regulação Europeia de Criptoativos* (p. 289–331). Almedina.

análise técnica. *Buterin* refere três escopos quanto aos diferentes graus/tipos de descentralização[132]:

a) Descentralização arquitetónica: A distribuição computacional de código e dados por diversos servidores/computadores.
b) Descentralização política: Se a separação de poderes é verificável.
c) Descentralização lógica: Determina se as funcionalidades do protocolo e do sistema poder operar se a estrutura for fragmentada. Em *latu sensu*, se a operacionalidade da rede é assegurada pela introdução de conceitos/mecanismos como *proof of work*, e/ou verificação de oráculos, ou se pelo contrário a fragmentação dos dados resulta na perda de funcionalidades.

De acordo com esta teoria, a descentralização da DAO pode ser verificada pela concretização dos níveis de descentralização, sem uma absolutização do conceito- O critério da *Descentralização Suficiente*[133].

Tem-se ainda proposto que o tema da descentralização, para além da mitigação da absolutização, adquira uma ideia de progressividade. Nestes termos é associada a necessidade de evolução da descentralização por etapas. *Jennings* destaca o caminho necessário a atingir uma descentralização que não desvirtue o instituto das DAOS[134]:

a) Descentralização técnica: Assegurar a segurança do protocolo e dos smart contracts num ambiente totalmente descentralizado e autónomo, sem necessidade de intermediários.
b) Descentralização económica: Garantir a automaticidade dos mercados, garantindo que não são controlados por nenhuma entidade central, promovendo um capitalismo auto-regulado.
c) Descentralização legal: Conformidade legal com diferentes implicações jurídicas complexas (responsabilidade, tributação propriedade intelectual etc.), sem que para tal exista uma total centralização de poderes. Neste âmbito discute-se o entendimento pelo qual a descentralização é entendida como um espectro, o que não impossibilita que as DAOS transfiram gradualmente os seus poderes para participação mais ampla e distribuída dos *tokenholders*[135].

---

[132] Veja-se *Vitalik Buterin's concept of decentralization - DELab - Uniwersytet Warszawski*. (2019). DELab - Uniwersytet Warszawski. https://delab.uw.edu.pl/27027-2/

[133] Neste sentido Maia, G., & Vieira dos Santos, J. (2021). MiCA and DeFi ("Proposal for a Regulation on Market in Crypto-Assets" and "Decentralised Finance"). *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3875355

[134] Cf. Jennings, M.. *Principles & Models of Web3 Decentralization*. Retrieved October 29, 2024, from https://d1lamhf6l6yk6d.cloudfront.net/uploads/2022/04/principles-and-models-of-decentralization_miles-jennings_a16zcrypto.pdf.

[135] Com o mesmo entendimento Oliveira, M. P. de, & Boura, M. (2023). *DAOs and Mandatory Decentralisation: How to assess decentralisation when shaping regulation for DAOs in DAOs and Mandatory Decentralisation* (p. 3–4). Mohr Siebeck.

Assim, não só pode a descentralização da organização verificar-se pela concretização de um dos níveis de análise, como é ainda relevante analisar o conceito como um espectro, que progressivamente permita à DAO mover-se ou concretizar-se sem que desvirtue a sua própria estrutura ou natureza legal. Não obstante, este tipo de aplicação é no entanto refém do sistema jurídico em que se insere. Como vimos "*a descentralização, não é, na sua génese, um conceito jurídico, o que torna particularmente desafiante a sua utilização como conceito chave para delimitar a aplicação de certos normativos legais"*[136].

Aqui chegados suscita-se uma questão - qual a concreta descentralização que será suficiente para aplicação de um regime jurídico de protocolos DAO? Como forma de solucionar esta questão, que para além das implicações legais *supra* previstas, detém ainda uma panóplia de termos técnicos a ter em conta, utilizaremos o entendimento de *Hinman*, na medida em que entende que a organização é suficientemente descentralizada quando "*os compradores não esperariam de forma razoável que uma pessoa ou grupo realizasse esforços gerenciais ou empresariais essenciais – os ativos podem não representar um contrato de investimento. Além disso, quando os esforços de um terceiro já não comportam um fator essencial para determinar o sucesso da empresa, as assimetrias de informação material diminuem. À medida que uma rede se torna verdadeiramente descentralizada, a capacidade de identificar um emissor ou promotor para fazer as divulgações necessárias torna-se difícil e menos significativa"*[137]. – Destaca este autor que a descentralização ocorre nos termos da razoabilidade demonstrada, isto é, quando o regular funcionamento da DAO não está dependente de um terceiro, central ao funcionamento da organização. Ao conceito de descentralização é associado o conceito pilar da tecnologia blockchain – a automaticidade.

No entanto, não quererá isto dizer que não é possível a distribuição de certos poderes fora da rede (*off-chain*). Aliás o autor supra afirma ainda que a descentralização não deve ser considerada como uma figura estática, e pode por vezes englobar a opção por aplicações fora da rede, quer para mitigar o risco assumido, como ainda por aplicações acessórias, como é o caso das áreas de marketing ou ainda de entidades de resolução arbitral de litígios[138]. Assim, a direção deverá sempre ser analisada de um escopo progressivo e flexível[139], mediante a adoção de indicadores descentralizados, dos quais destacamos: a plataforma ser descentralizada arquitetonicamente (rede blockchain e contratação inteligente), sem controlo sobre os tokens e direitos de voto (totalmente controlados pelos *tokenholders*), e acima de tudo sob os princípios estruturantes da

[136] (Oliveira & Boura, 2023, p.302)
[137] Hinman, W. (2018). *SEC.gov | Digital Asset Transactions: When Howey Met Gary (Plastic)*. Www.sec.gov. https://www.sec.gov/newsroom/speeches-statements/speech-hinman-061418.
[138] Conforme subcapítulo 2.4.3.
[139] Cf. Boiron, M. (2015). *Sufficient Decentralization - Sufficient Decentralization: A Playbook for web3*. https://www.studocu.com/in/document/university-of-mumbai/legal-writing-and-legal-language/sufficient-decentralization-by-marc-boiron/43516721.

contratação mediante smart contracts (utilização de oráculos, automaticidade de aplicação e assunção das obrigações contratadas), de modo a que a descentralização política seja totalmente assegurada e democrática[140].

Em suma, defendemos que uma total descentralização colide com a segurança e eficiência do próprio protocolo. A assimetria de informação e o total descontrolo de todas as vertentes da DAO, levam consequentemente a que a tutela dos investidores assuma um risco que não se compactua com o risco inserido na própria tecnologia[141]. Deste modo a descentralização pode ser garantida mediante a verificação de alguns dos níveis de descentralização, sem uma absolutização do conceito[142] - O critério da *Descentralização Suficiente*[143]. Além do mais, a descentralização deverá sempre ser entendida como um conceito técnico que não resultará imperativamente numa concentração jurídica e por conseguinte a necessidade de equiparação a uma das estruturas societárias tradicionais. Deste modo, as DAOS adquirem a necessidade de serem reguladas por um regime próprio, que permita a evolução da própria DAO em termos técnicos, económicos e legais. Falamos de regime jurídico no sentido de aplicação tipificada e regulada às sociedades autónomas e descentralizadas. Como vimos, apesar da ausência e ambiguidade de um regime jurídico, existe, no entanto, a aplicação legal do instituto das sociedades civis em diversos ordenamentos jurídicos, sem que seja necessário registo da própria, mas sem personalidade e capacidade jurídica, e principalmente sem solucionar implicações jurídicas mais complexas.

3.4.2. Requisitos para a personalidade jurídica

A aplicação da personalidade e capacidade jurídica às sociedades ocorre na medida em que as mesmas se inserem num regime legal previsto, uma vez que são centros imputáveis de obrigações e direitos. Não obstante a falta de regulação presente em grande parte dos ordenamentos jurídicos quanto às DAOS, o regime da tipicidade societária ocorre para proteção da sociedade e da atividade prosseguida, por um lado, mas para proteção de terceiros e dos próprios sócios da sociedade por outro – "*A expectativa que um terceiro teria para com uma entidade legal e*

[140] Com o mesmo entendimento Maia, G., & Vieira dos Santos, J. (2021a). MiCA and DeFi ("Proposal for a Regulation on Market in Crypto-Assets" and "Decentralised Finance"). *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3875355,p. 15-17.
[141] Neste sentido Oliveira, M. P., & Boura, M. (2023). *MiCA e DeFi: onde fica a regulação no caminho da descentralização? in MiCA - Estudos sobre a Nova Regulação Europeia de Criptoativos* (p. 289–331). Almedina.
[142] Neste sentido Maia, G., & Vieira dos Santos, J. (2021). MiCA and DeFi ("Proposal for a Regulation on Market in Crypto-Assets" and "Decentralised Finance"). *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3875355.
[143] Cf. Axelsen, H., Jensen, J. R., & Ross, O. (2024). *When is a DAO Decentralized? In Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation*. (p. 59–92).

tipificada tem que se verificar numa DAO que presta a mesma atividade"[144]. Dito isto, há que ter em conta a atribuição de personalidade e capacidade jurídica a uma DAO quando a descentralização é parcial, ou como foi expresso, suficiente e progressiva. Se pensarmos em aspetos como a matéria fiscal a título exemplificativo[145], é evidente que uma total desconsideração da personalidade jurídica da sociedade blockchain, implica bastantes incongruências nomeadamente na incidência fiscal sobre os *tokenholders* e ainda sobre a própria sociedade, no entanto neste caso concreto não nos parece que implique um grande afastamento da realidade DAO e na falta de incidência fiscal[146].

Nas palavras de *Savigny*, uma pessoa jurídica é tão só "*uma pessoa que é considerada como tal por razões jurídicas*"[147]. Pelo que, em concreto, a personalidade jurídica tem de ser desencadeada pelo próprio legislador. Ora, verifica-se efetivamente uma necessidade de atribuição de personalidade jurídica às DAOS, o que não ocorre com a simples aplicação do regime das sociedades civis. Não se poderá confundir os conceitos - neste regime as DAOS adquirem natureza jurídica, mas não adquirem personalidade ou capacidade jurídica. Com o avanço tecnológico, e com o desenvolvimento das finanças descentralizadas (DeFI), a natureza jurídica das DAOS carece de um regime que solucione implicações jurídicas que vão para além do direito privado. Na relação com terceiros a personalidade jurídica tem de conferir uma capacidade às sociedades descentralizadas de competitividade entre empresas e ainda acesso aos mercados, que apenas se destina aos tipos societários previstos na lei[148] – Sociedades comerciais.

Na nossa opinião, é necessário a criação de um regime jurídico que confira a organizações descentralizadas e autónomas, que demonstrem efetivamente um grau de descentralização suficiente, personalidade jurídica e capacidade para autonomamente desenvolver a sua atividade, imputando direito e obrigações não só nos *tokenholders,* mas na relação com terceiros e no acesso aos mercados.

Sem desconsiderar o supra exposto, o que se pretende expor não é a criação e aplicação de um regime jurídico das DAOS que permita que certas sociedades possam considerar-se como tal, beneficiando de um regime comercial apenas ao demonstrar um grau suficiente de descentralização. Embora a definição de uma DAO comporte um *software* automático e com base

---

[144] Cit. Tendon, S., & Ganado, M. (2018). *Tiré à part Legal Personality for Blockchains, DAOs and Smart Contracts STEVE TENDON MAX GANADO*. https://ganado.com/wp-content/uploads/2018/06/rtdf2018_1_doctrine_tendon_ganado_tap.pdf.

[145] Sobre o assunto veja-se Mendes, A. R. (2024). *The Case for Taxing DAOs Challenges, Methods, and Impossibility in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 93–112). Mohr Siebeck.

[146] Vandy, N. (2024). *Progressive Decentralization requires Progressive Regulation: Do DAOs require direct legislative intervention, self-regulation, or no regulation? in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 27–58). Mohr Siebeck.

[147] Cf. *Savigny. (1840). System des heutigen römischen Rechts (p. 236).*

[148] Cf. Möslein, F. and D., & Ostrovski, D. (2024). *Legal personality of Decentralized Autonomous Organizations (DAOs): Privilege or Necessity? in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 92–112). Mohr Siebeck.

em *smart contracts*, não resulta que qualquer plataforma que envolva ativos digitais seja considerada uma organização descentralizada e autónoma. Nesse caso qualquer plataforma poderia ser considerada uma DAO – Uma plataforma de *crowdfunding*, ainda que se estabeleça numa plataforma descentralizada poderá não ser mais do que um veículo especial de financiamento societário (SPV)[149]. Pelo que, a personalidade jurídica deverá ser analisada tendo em conta as características da entidade e dos requisitos que se estabeleçam.

3.4.3. Final Framework – *Regime aplicável*

a) Introdução

Em relação às DAOS, o seu quadro legal, para além de concretizado, terá de alterar o paradigma que ainda parece assolar a generalidade das jurisdições. O MiCA apesar de ter sido o primeiro passo para o direito comunitário, não nos parece, no entanto, capaz de servir de ponto de partida. O regulamento está muito reivindicado pela atenção aos criptoativos fungíveis e aos fenómenos de moeda virtual. A tecnologia blockchain evoluiu e já não se compactua apenas numa ótica da típica *bitcoin*. Como observámos, as organizações descentralizadas pautam-se por uma flexibilidade constante, que poderá resultar em alterações quanto às suas propriedades. A maleabilidade do *software* deverá não só ser tido em conta como essencial num regime jurídico.

Conforme analisámos, o atual entendimento, e generalidade normativa, estabelece-se na opção de aplicação do regime das *partnerships* às DAOS. No entanto, e como temos vindo a apelar ao longo da obra, não nos parece exequível este entendimento. Ainda que o regime das sociedades civis permita algo que as sociedades comerciais carecem – a possibilidade de não delegar o poder de decisão[150]. Não colmata a necessidade de regular as relações societárias e as relações com terceiros, assim como a entrada no mercado.

Quanto à aplicação lógica de uma possível regulamentação das DAOS, *João Vieira dos Santos* estabelece uma comparação do Regulamento do Conselho (CE) n.º 2157/2001 sobre o estatuto da sociedade europeia (SE) e um possível regime a versar sobre as DAOS[151]. O autor admite que a lógica do regulamento adequa-se às características da tecnologia descentralizada. No caso, o regulamento estabelece regras de conversão de sociedades anónimas em SE, sem limitar em demasia os modelos. Esta lógica permitiria que as DAOS sob certas condicionantes pudessem transformar-se em sociedades anónimas, e vice-versa sob limitações quanto ao

[149] Sobre o assunto Coord. Pereira Duarte, D., Perestrelo de Oliveira, A., & Cordeiro, A. M. (2019). *FinTech - Desafios da Tecnologia Financeira - 2a Edição* (p. 279–282). Almedina.
[150] Cf. Rolo, A. G. *Desafios na qualificação jurídica das organizações autónomas descentralizadas (DAOS): O aparecimento da "criptossociedade"?* CIDP Research paper n.º 11/2022, p.75.
[151] Cf. Vieira dos Santos, J. (2024). *The Nature of the DAO: Transaction Costs, MiCAand a Specific Legal Framework in Descentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation*. Mohr Siebeck. p. 214.

conteúdo e forma. O contexto em que este regulamento surge é semelhante à conjetura em que as DAOS se inserem. As sociedades europeias deparavam-se com dificuldade de direito aplicável uma vez que os estados-membros dispunham de diversos entendimento e disposições legais, o que levava a que as sociedades europeias tivessem de constituir uma outra entidade associada de modo a obter reconhecimento jurídico[152]. No entanto, para tal ocorrer no caso das DAOS primeiramente teriam as organizações ser reconhecidas como sociedades comerciais, que no caso não se verificam em nenhum dos ordenamentos jurídicos.

b) Conteúdo

Quanto ao conteúdo, a análise deverá, no entanto, incidir inicialmente na contratação que está na base das DAOS – os smart contracts. A regulação das DAOS ainda se encontra num ponto bastante elementar porque na verdade existem configurações de base material que teriam muito antes de ser resolvidas. Os próprios smart contracts, como verdadeiros contratos deveriam primeiramente ser considerados como tal, e, em segundo lugar, estabelecer-se um regime próprio quanto às implicações jurídicas que os mesmos tendem a demonstrar fragilidades ou ambiguidades jurídicas[153]: a) a vontade negocial tendo em conta a automaticidade de execução; b) o incumprimento contratual e os institutos de tutela; c) a modificação e resolução contratual. Sem antes estas questões serem resolvidas, a regulação das DAOS estará sempre condenada à desconformidade legal[154].

Em segundo lugar, a abordagem deverá incidir sobre os elementos essenciais da tecnologia blockchain e que a torna atrativa e inovadora – A segurança, a mitigação do risco, os custos de transação e ainda a automatização contratual.

A segurança deverá ser garantida pela proteção e defesa da escalabilidade. Conforme foi dito quanto à descentralização, as funcionalidades do sistema deverão operar ainda que se verifique uma fragmentação do protocolo. Dito de outro modo, deverá verificar-se uma descentralização técnica.

Quanto à mitigação do risco, será necessário que o quadro regulatório preveja requisitos de capital e de limitação da responsabilidade à própria DAO[155], algo que se verifica nas LLC nos diferentes estados dos EUA. Dito de outro modo, deverá prever-se a responsabilidade limitada como requisito da descentralização económica.

[152]Cf. Pires, C. M. (2018). A lei aplicável à sociedade anónima europeia (societas europaea). *ULP Law Review - Revista de Direito Da ULP*, *2*(12). https://doi.org/10.46294/ulplr. (p. 123-126).
[153]Veja-se o capítulo 2.4.
[154]Cf. (Rolo, 2019. p.74)
[155]Neste sentido,*"*A mesma abordagem que foi aliás tida em conta nos mais recentes diplomas do pacote de finanças digitais*"*, cit. (Vieira dos Santos, 2024).

Os custos de transação relacionam-se com a automaticidade e distribuição dos direitos de voto e do poder de gestão na sociedade[156]. O quadro regulatório deverá prever que o *corporate governance* da sociedade se estabeleça mediante smart contracts. Exige-se assim a verificação da descentralização política quanto aos órgãos de gestão da sociedade[157].

Quanto à automatização contratual, deverá a sociedade blockchain estabelecer-se com base na contratação inteligente, na medida em que a *"DAO é um contrato inteligente conceptualizado como uma organização"*[158].

c) Modelo jurídico

- O ponto de partida terá assim de começar pelo entendimento presente nos EUA[159] – as já referidas LLC, *Limited Liability Companies.* Como referimos o instituto desenvolvido pelo estado do Wyoming, permite que as DAOS adquiram personalidade jurídica e confiram tutela jurídica quanto aos investidores terceiros, mas que, no entanto, necessitam de maior clareza e regulamentação;
- Num segundo patamar, o regime jurídico aplicável deverá transcender-se e separar-se da noção de LLC. Isto é, o regime aplicável não deverá ser uma variante de uma sociedade de responsabilidade limitada, ao invés, deverá assumir uma nova variante legal, alicerçada na lógica da responsabilidade limitada dos detentores de *tokens*. Este entendimento foi aliás seguido recentemente pelo Direito do estado de Utah, com a nova lei DAO em 2023. A lei definiu que apesar da inspiração e semelhança dos institutos, *"uma LLC não é uma DAO, e uma DAO não é uma LLC"*[160].
- O novo regime DAO deverá comportar uma flexibilidade que se adeque à inovação tecnológica e às características de uma rede descentralizada: a) Os *tokenholders* consequentemente deverão ser respeitados quanto ao seu anonimato. Este requisito não se verifica, no entanto, nas primeiras regulações DAO nos EUA, presentes na lei do Wyoming, uma vez que prevê apenas a distinção entre DAOS geridas algoritmicamente e DAOS geridas por membros. A lei do Utah veio complementar esta norma ao estabelecer a possibilidade de estipulação de diferentes tipos de membros nos estatutos

[156] Cf. Vieira dos Santos, J. (2024). *The Nature of the DAO: Transaction Costs, MiCAand a Specific Legal Framework in Descentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation*. Mohr Siebeck. p. 214.
[157] *"Por exemplo, uma DAO com um conselho de administração teria a mesma estrutura hierárquica que uma empresa, portanto, o regime legal das empresas deveria ser aplicado, e assim essa DAO não deveria ser considerada uma DAO em termos legais"* (Vieira dos Santos, 2024), p.213.
[158] Cit. (Rolo, 2019. p.13).
[159] Veja-se subcapítulo 3.4.2.
[160] Cf. Fannizadeh, F. (2023, March 8). Lawmakers In New Hampshire And Utah Recognize DAOs As Legal Persons. *Forbes*. https://www.forbes.com/sites/digital-assets/2023/03/07/-new-hampshire-utah-recognize-daos-as-legal-persons/.

da sociedade, assim como a inserção de novos direitos aos *tokenholders*[161]. b) Mediante os smart contracts, a DAO deverá poder autorregular-se na medida da sua liberdade contratual e autonomia privada. O protocolo blockchain deverá ser considerado como cláusulas contratuais gerais da rede (uma equiparação ao prospeto), não obstante a vontade das partes quando prevista. No enanto, a imputação de oráculos e o risco assumido pelas partes deverá prevalecer à própria estrutura da DAO. No capítulo relativamente aos smart contracts foi analisada a possibilidade dos mesmos estabelecerem autonomamente e automaticamente regras aplicáveis, ainda que *on-chain* ou *off-chain.* A própria regulação e supervisão da DAO poderá ser atingida mediante tecnologia pré-concebida e programada mediante a inserção de oráculos.

- A mitigação de riscos como a prevenção e combate ao terrorismo e branqueamento de capitais poderá e deverá operar *off-chain*.
- Nestes termos, a utilização *de smart contracts* de forma regulatória poderá e deverá ser considerada complementar ao quadro regulamentar definido (protocolo), harmonizando e contribuindo para uma descentralização progressiva da própria DAO[162]. c) A necessidade de registo poderá e deverá obstar à entrada nos mercados financeiros, no entanto deverá ser possível a conversão e correção da estrutura e do conteúdo da mesma. Visto que as DAOS poderão assumir diferentes estruturas e fins, a necessidade de registo não tem de ditar a absolutização do regime aplicável. O estado de Utah prevê não só a alteração de DAOS como fusões e conversões a outros tipos societários[163].
- As DAOS por não beneficiarem de uma jurisdição que permita tributar os seus rendimentos não fará sentido falar-se de uma obrigação em matéria fiscal. No mesmo sentido quanto aos *tokenholders,* uma vez que como vimos podem estar sujeitos ao anonimato. Além do mais, a exigência e coordenação internacional por parte das autoridades fiscais seria onerosa em demasia. Não nos parece que seja possível a aplicação de matéria fiscal no âmbito das DAOS[164].
- A descentralização das DAOS permite que de acordo com a liberdade de escolha e certeza jurídica seja incerta a jurisdição aplicável, ainda que se pretenda com o aqui exposto uma regulação ao nível mundial, ou no limite, comunitária. No entanto, caso se manifeste a necessidade de apurar a lei aplicável (não obstante aquando resolução de conflitos e como vimos os próprios smart contracts não estipulem solução arbitral ou mecanismos de

[161]Section 301 da Utah Code Title 48, Unincorporated Business Entity Act Chapter 4, Benefit Limited Liability Company Act.
[162](Vandy, 2024, p. 54)
[163]Cf. *DAO - corporations.utah.gov*. (2024). Corporations.utah.gov. https://corporations.utah.gov/business-entities/dao/.
[164]Com o mesmo entendimento Mendes, A. R. (2024). *The Case for Taxing DAOs Challenges, Methods, and Impossibility in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 93–112). Mohr Siebeck.

consenso), nas palavras de Luís Lima Pinheiro, a lei aplicável deverá ser analisada tendo em conta a teoria da incorporação[165], "*a lei pela qual a sua constituição aparenta ter sido guiada".*

- Resumindo, uma tentativa de regulação de um regime quanto às Decentralized Autonomous Organizations (DAO), deverá dispor de normas quanto aos seguintes elementos: a) Regime jurídico próprio com base na responsabilidade limitada[166]; b) Adequar as características da tecnologia blockchain mediante um regime flexível e baseado na contratação inteligente; c) Registo das DAOS e acesso aos mercados de forma transparente; e) Adotar mecanismos de identificação da lei a aplicar, que no limite deverá adequar-se com a lei em que mais se baseou após a sua constituição; f) Dotar o regime de mecanismos de conversão e alteração societária.

[165] Cf. Pinheiro, L. L. (2024). *Laws Applicable to International Smart Contracts and Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 282).

[166] Cf. Mienert, B. (2021a). *How Can a Decentralized Autonomous Organization (DAO) Be Legally Structured?* Papers.ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3992329. p. 9.

CAPÍTULO IV.

Interseção com a Inteligência Artificial

Uma Introdução

A par da tecnologia Blockchain um dos desenvolvimentos que têm nos mais recentes tempos disputado a atenção da Tecnologia, Economia e dos mais variados ramos que estruturam os mercados é a Inteligência Artificial (IA). A área da ciência da computação inclui não só o desenvolvimento de sistemas capazes de imitar muitas das tarefas associadas à inteligência humana, tais como resolver problemas e tomar decisões inteligentes em áreas como cadeia de suprimentos, logística e cibersegurança, a convergência da blockchain e da IA tem um impacto significativo. Como ainda têm vindo a reestruturar economias e o mundo societário, demonstrando já aos dias de hoje a importância do seu entendimento e absorção sob pena de obsoletismo[167].

Embora ambas as tecnologias (blockchain e IA) já tenham causado um impacto significativo por si só, a sua interseção possibilita que institutos como a segurança dos dados, a transparência nas transações[168], e a eficiência na execução de comandos - nomeadamente o capítulo seguinte sobre smart contracts e os oráculos que servem de input à automatização de obrigações provenientes.

A integração da inteligência artificial permite processar grandes volumes de dados, identificar padrões e melhorar a tomada de decisões. Por outro lado, a blockchain pela sua descentralização, proporciona que o armazenamento de dados seja imutável e seguro. Em conjunto trata-se de porventura um *super duo*, com potencial de criar soluções mais robustas, e especialmente na contratação subjacente aos smart contracts, dinamizar a sua regulação por um lado, e a sua eficiência por outro, em áreas como a gestão de dados e a execução dos próprios smart contracts. Em contraste, neste contexto, a IA sob plataformas blockchain assegura uma maior proteção e análise à integridade dos dados subjacentes de uma forma supra eficiente e adversa a externalidades que a própria inteligência artificial tenha a capacidade para reagir.

Quanto aos smart contracts[169] e às próprias DAOS podemos destacar e resumir os seguintes benefícios:

a) Maior segurança dos protocolos descentralizados, ao identificar automaticamente certas ameaças;

---

[167] Cf. Stryker, C., & Kavlakoglu, E. (2024, August 16). *What is artificial intelligence (AI)?* IBM. https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence.

[168] Veja-se no âmbito da transparência e escopo de minúcia comparativa em *Blockchain AI Market Size - Global Analysis, Forecast 2021-30*. (2021). Spherical Insights. https://www.sphericalinsights.com/reports/blockchain-ai-market.

[169] Cf. MiEthereum. (2024, May 17). *AI Smart Contracts: Exploring the Future of Blockchain-Based Automation - MiEthereum*. MiEthereum. https://miethereum.com/learn/ai-smart-contracts/

b) Os *smart contracts* através da IA podem identificar potenciais vulnerabilidades e melhorar os métodos de encriptação, garantindo uma maior proteção nas transações;
c) Garantia da integridade dos dados. Para que os protocolos descentralizados funcionem eficazmente, é crucial que os dados provenham de fontes confiáveis;
d) Permite a verificação da fiabilidade dos dados antes de os integrar na blockchain;
e) Estruturar automaticamente os dados num formato compatível com a atividade da DAO, facilitando a operacionalidade entre diferentes sistemas;
f) Melhorar a escalabilidade das redes ao permitir ajustes aos blocos em tempo real para otimizar o desempenho;
g) Prever acontecimentos com base em eventos históricos e introduzir essa programação em oráculos;
h) Quanto ao processamento da linguagem natural, a IA permite que os smart contracts e os oráculos processem termos jurídicos complexos, reduzindo ambiguidades e garantindo a conformidade com as regulamentações.

CAPÍTULO V.

Conclusão

No início desta dissertação expusemos a intenção em analisar as componentes e realidades da tecnologia *blockchain* de uma forma progressiva e interligada, pelo que, podemos destacar o caminho prosseguido ao expor o seguinte: A tecnologia *blockchain* é mecanizada por meio de *smart contracts*, estes por um lado oferecem o suporte e a estrutura à rede, como ainda permitem formar uma entidade completamente autónoma e descentralizada – as DAOS. Pelo que os *smart contract* são a rede, constroem rede e ainda detalham a rede *blockchain*.

Inicialmente abordámos a tecnologia *blockchain*, um novo mundo que oferece diferentes possibilidades de aplicação descentralizada, sendo composta por um protocolo desenvolvido com os objetivos de assegurar a imutabilidade e proteção quanto aos dados armazenados. O respetivo protocolo na verdade corresponde a um conjunto de *smart contracts*, que se pode distinguir entre a programação e a fonte de imposições e obrigações.

Os *smart contracts*, ou contratos codificados, ou contratos inteligentes, são caracterizados pela capacidade de execução automática de acordo com a verificação de condições pré-estabelecidas, sem intervenção humana. No entanto, a inflexibilidade dos protocolos *blockchain* pode conflituar com a flexibilidade típica dos contratos tradicionais.

Por sua vez, a falta de um regime jurídico claro para as DAOs limita a sua capacidade de operar como entidades autónomas, uma vez que são equiparadas às sociedades civis, não beneficiando de personalidade jurídica.

Pelo que foram levantadas questões sobre como harmonizar a rigidez dos *smart contracts* com a proteção jurídica necessária, e ainda a descentralização típica das DAOS à realidade societária. Podemos assim estabelecer as implicações jurídicas da presente dissertação da seguinte forma:

Conclusão n. º 1

Os *smart contracts* devem ser considerados verdadeiros contratos, autonomizados e imutáveis, ainda que atípicos e isolados no direito civil, tendo como cláusulas contratuais gerais o próprio protocolo *blockchain*. Por serem verdadeiros contratos admitem a aplicação do regime da contração eletrónica (DL n.º 7/2004, de 07 de janeiro) e consequentemente o regime geral do direito dos contratos e os instintos gerais da boa-fé, ordem pública e segurança jurídica.

A questão em torno da comparação do contrato inteligente ao contrato deverá transcender a uma concreta análise aos institutos contratuais tradicionais e à sua aplicação plena ao invés do continuo debate dogmático.

Conclusão n.º 2

A distinção entre vícios da vontade e defeitos no sistema (erros de programação) deverá ser tratada à luz do Código Civil, que regula vícios quanto à vontade das partes. No entanto, a programação dos *smart contracts* também deve ser cuidadosamente considerada, uma vez que a sua execução automática depende da precisão do código, e a inflexibilidade típica pode dificultar a correção de erros, uma vez que a imutabilidade do texto impede alterações após a sua implementação.

Ainda assim, a responsabilidade por erros de programação não é apenas uma questão de imputabilidade, mas também de como as partes assumem o risco de incumprimento das obrigações estabelecidas. Portanto, é fundamental que as partes relativamente aos *smart contracts* tenham uma compreensão clara das implicações e riscos da sua programação e vinculação, para que possam proteger adequadamente os seus interesses e garantir a eficácia do contrato, estipulando autonomamente mecanismos *off-chain* ou *on-chain* que permitam a resolução de conflitos e/ou a interpretação contratual.

Conclusão n.º 3

Em matéria de não cumprimento contratual, a imutabilidade dos contratos inteligentes resulta imperativamente no incumprimento definitivo contratual. E quanto à responsabilização existem lacunas que não coadjuvam com a realidade contratual tradicional, desde logo não permitem em situações de incumprimento apurar a causa e ainda a imputabilidade. No entanto, as partes ao contratarem no âmbito *blockchain* assumem um risco partilhado para com as obrigações que venham a ser originadas, pelo que consubstancia um risco próprio do tipo contratual.

Conclusão n.º 4

A alteração de circunstâncias no contexto dos *smart contracts* levanta importantes considerações sobre a sua rigidez e a confiança gerada entre as partes. A mera repartição do risco na contratação via *blockchain*, pode significar que se obste permanentemente qualquer instituto de modificação ou resolução contratual, mesmo perante uma alteração das circunstâncias. Além disso, a confiança gerada entre as partes não poderá ser descurada, sob pena de desvirtuar um dos pressupostos basilares da tecnologia.

Ainda assim, o instituto pode e deve ser aplicado em situações bastante específicas que lesam gravemente os interesses das partes, a) lesão efetiva e notória da boa-fé; b) não corresponda a um risco típico da contratação inteligente, e c) que por motivos de total imprevisibilidade correspondam a uma situação totalmente anormal, como foi o caso Covid-19.

Conclusão n.º 5

A descentralização das DAOS é um tema complexo, uma vez que a sua estrutura não admite a centralização do poder de decisão, o que gera insegurança quanto à responsabilidade solidária dos utilizadores e ainda quanto à relação com terceiros, uma vez que não tem aplicação em nenhum dos tipos de sociedade comercial previstos, reconduzindo-se em grande parte pelos ordenamentos jurídicos à figura das *partnerships* (sociedades civis) sem responsabilidade limitada e personalidade jurídica.

Conclusão n.º 6

No seio do ordenamento jurídico português a regulação da *blockchain* é ainda muito elementar, focando-se principalmente nos criptoativos e deixando de lado questões fundamentais relacionadas com os *smart contracts* e as DAOs. Além disso, a segurança da tecnologia descentralizada demonstra um défice quanto à falta de garantia pública, uma vez que os sistemas de contas eletrónicas atuais são regulados e supervisionados por entidades públicas que proporcionam garantias para falhas ou erros, no entanto, e no caso da *blockchain*, estas garantias não existem.

O MiCA (Regulamento sobre Mercados de Criptoativos) parece não ter introduzido grandes reformas na regulação comunitária, ficando aquém do esperado, e reflete a fragilidade do regulamento quanto ao reconhecimento das Finanças Descentralizadas (DeFi), limitando a aplicação em dois campos distintos, a) quanto ao âmbito de aplicação e as entidades abrangidas, b) como redunda de uma estipulação ambígua quanto ao conceito de descentralização suficiente.

Conclusão n.º 7

A falta de personalidade e capacidade jurídica resulta na sujeição das DAOS a implicações que colocam em risco a segurança jurídica, a relação *intra partes e inter parte*, assim como cria uma dificuldade injustificável na competitividade empresarial e acesso aos mercados. Assim, tem vindo a ser concretizada uma alternativa às *partnerships* e que tem obtido consenso e aplicação no direito dos EUA, com a equiparação das DAOS como um subtipo da sociedade de responsabilidade limitada com substrato *blockchain*, e com personalidade jurídica. Esta abertura do direito material ao precedente da DAO como uma LLC (*Limited Liability Company*), promove certeza quanto ao *corporate governance* das DAOS, e permite que os mecanismos dentro da própria possam ser aperfeiçoados, assim como dinamizam as finanças descentralizadas (DeFi).

Conclusão n.º 8

Uma tentativa de regulação de um regime quanto às Decentralized Autonomous Organizations (DAO), deverá dispor de normas quanto aos seguintes elementos: a) Regime jurídico próprio com base na responsabilidade limitada; b) Adequar as características da tecnologia blockchain mediante um regime flexível e baseado na contratação inteligente; c)

Registo das DAOS e acesso aos mercados de forma transparente; e) Adotar mecanismos de identificação da lei a aplicar, que no limite deverá adequar-se com a lei em que mais se baseou após a sua constituição; f) Dotar o regime de mecanismos de conversão e alteração societária.

Conclusão n.º 9

A integração da inteligência artificial com a *blockchain* pode melhorar a segurança dos dados e a eficiência na execução de comandos, ao criar uma dinâmica que permite o desenvolvimento das capacidades de ambas as tecnologias, e aperfeiçoar as características essenciais *blockchain* - automaticidade, descentralização e segurança, aos conceitos de eficiência e eficácia.

Conclusão n.º 10 e final

Os protocolos *blockchain* detêm bastante potencial e tendem a demonstrar aplicações inovatórias ao serviço de toda a economia descentralizada e realidade atual, juntando a aplicação de diferentes ordenamentos jurídico. Pelo que a sua regulação não deverá continuar num impasse e foco puramente na realidade de criptoativos, mas ainda quanto às organizações descentralizadas e ao *core* da tecnologia – os *smart contracts*.

Quanto ao âmbito comparado, podemos analisar o desenvolvimento do direito material na matéria de contratação inteligente e de sociedades descentralizadas no ordenamento norte-americano, e que porventura, deverá servir de ponto de partida para uma regulação europeia das mesmas temáticas, quem sabe com maior aprofundamento e concretização que harmonize as necessidades e características do universo descentralizado e autónomo.

Referências Bibliográficas

Axelsen, H., Jensen, J. R., & Ross, O. (2024). *When is a DAO Decentralized? in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 59–92). Mohr Siebeck.

Barbosa, M. M. (2019). Blockchain e responsabilidade civil: Inquietações em torno de uma realidade nova. *Revista de Direito Da Responsabilidade*, *Ano 1*, 223.

Binance Academy. (2020, February 20). *Escalabilidade da blockchain - sidechains e canais de pagamento*. Binance Academy. https://academy.binance.com/pt/articles/blockchain-scalability-sidechains-and-payment-channels#the-blockchain-scalability-problem

Binance Academy. (2023, October 31). *O que são zk-rollups? A técnica de escalabilidade de layer-2*. Binance Academy. https://academy.binance.com/pt/articles/what-are-zk-rollups-the-layer-2-scalability-technique#O-que-s%C3%A3o-ZK-rollups?

Binance Academy. (2024). *Proof of Work (PoW)*. Binance Academy. https://academy.binance.com/en/glossary/proof-of-work.

Bitcoin Forks: Protocols, Upgrades, and Changes | Gemini. (2023). Gemini. https://www.gemini.com/cryptopedia/bitcoin-fork-protocol-upgrades-blockchain-changes#section-what-is-a-bitcoin-fork.

Blockchain AI Market Size - Global Analysis, Forecast 2021-30. (2021). Spherical Insights. https://www.sphericalinsights.com/reports/blockchain-ai-market

Boiron, M. (2022). *Sufficient Decentralization: A Playbook for web3 Builders and Lawyers Chief Legal Officer at dYdX Trading 1*. https://variant.fund/wp-content/uploads/2022/08/Sufficient-Decentralization-by-Marc-Boiron.docx.pdf

Boura, M., & David, S. (2023). Smart contracts e arbitragem: Perspetivas atuais. *RDC I (2023), 1*, 105–115.

Cantali, R. (2022). Smart contracts e direito contratual: Primeiras impressões sobre as suas vantagens e limites. *RJLB, Ano 8 (2022), no. 3*, 1540.

China explora o potencial do blockchain para promover o desenvolvimento de "tribunais inteligentes." (2022). https://www.wipo.int/wipo_magazine/pt/2022/03/article_0007.html.

Coinbase. (2024). *O que é um protocolo?* Coinbase. https://www.coinbase.com/pt-pt/learn/crypto-basics/what-is-a-protocol

Cordeiro, A. M. (2017). *Tratado de Direito Civil Volume IX - 3a Edição*. Almedina.

Cramer, P. (2023). *Part II: With New DAO Law on the Books, Utah Joins Race with Wyoming and Tennessee to Become U.S. "Crypto Capital" | JD Supra*. https://www.jdsupra.com/legalnews/part-ii-with-new-dao-law-on-the-books-8052353/

Crosby, M. (2016). *AIR applied innovation review*. https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/AIR-2016-Blockchain.pdf

Crypto.com. (2020). *A deep dive into blockchain scalability*. Crypto.com. https://crypto.com/university/blockchain-scalability.

Cunha, P. O. (2021*). Direito das sociedades comerciais* (7ª Ed.), (Reimpressão). Almedina.

DAO - corporations.utah.gov. (2024). Corporations.utah.gov. https://corporations.utah.gov/business-entities/dao/

ECO. (2024, March 6). *El Salvador vê reservas em bitcoin valorizar mais de 60%*. ECO; Eco. https://eco.sapo.pt/2024/03/06/el-salvador-ve-valor-das-reservas-em-bitcoin-disparar-mais-de-60-em-menos-de-tres-anos/

ELI Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection. (2022). https://www.europeanlawinstitute.eu/projects-publications/publications/eli-principles-on-blockchain-technology-smart-contracts-and-consumer-protection.

Fannizadeh, F. (2023, March 8). Lawmakers In New Hampshire And Utah Recognize DAOs As Legal Persons. *Forbes*.https://www.forbes.com/sites/digital-assets/2023/03/07/-new-hampshire-utah-recognize-daos-as-legal-persons.

Faria, J. R. (2020). O regime jurídico da formação e do (in)cumprimento dos "contratos inteligentes" (os smart contracts). *RDC v (2020), 3-4.*, 754.

Feng, M., Gramlich, J. D., & Gupta, S. (2009). Special Purpose Vehicles: Empirical Evidence on Determinants and Earnings Management. *The Accounting Review*, *86*(6). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=931214.

Finck, M. (2019). *Smart Contracts* (p. 5). Mohr Siebeck.

Fonseca, A. T. (2021). Smart contracts. In *Católica Talks - Direito e tecnologia* (p. 152–154). UCP Editora.

Francisco Chilão Rocha. (2023). *Regime Jurídico dos Non-Fungible Tokens* (p. 19 e ss.). Almedina.

Freire, J. P. (2023). *Blockchain e Smart Contracts - Implicações Jurídicas*. Almedina.

Fries, M., Paal, B. P., & Mohr Siebeck Gmbh & Co. Kg. (2019). *Smart Contracts*. Mohr Siebeck.

Gabuthy, Y. (2023a). Blockchain-Based Dispute Resolution: Insights and Challenges. *Games*, *14*(3), 34. https://doi.org/10.3390/g14030034

Gabuthy, Y. (2023b). Blockchain-Based Dispute Resolution: Insights and Challenges. *Games*, *14*(3), 34. https://doi.org/10.3390/g14030034

Global, Y. (2024). *How to navigate tax and legal complexity associated with DAOs*. Ey.com. https://www.ey.com/en_gl/insights/tax/how-to-navigate-tax-and-legal-complexity-associated-with-daos

Hannemann, J.-G. (2023). Decentralized autonomous organizations: unlocking the full potential of blockchain technology for the realk physical world by exploring self-organizing and self-regulating dedecntralized systems by applying smart contracts and first attempts os applying AI . *International Journal of Law in Changing World*, *2*(3), 80–117. https://doi.org/10.54934/ijlcw.v2i3.59

Hinman, W. (2018). *SEC.gov | Digital Asset Transactions: When Howey Met Gary (Plastic)*. Www.sec.gov. https://www.sec.gov/newsroom/speeches-statements/speech-hinman-061418

IBM. (2023). *What is blockchain technology*. IBM; IBM. https://www.ibm.com/topics/blockchain

Jennings, M. (2022). *Principles & Models of Web3 Decentralization*. https://d1lamhf6l6yk6d.cloudfront.net/uploads/2022/04/principles-and-models-of-decentralization_miles-jennings_a16zcrypto.pdf

Jentzsch, C. (n.d.). *DECENTRALIZED AUTONOMOUS ORGANIZATION TO AUTOMATE GOVERNANCE*. https://lawofthelevel.lexblogplatformthree.com/wp-content/uploads/sites/187/2017/07/WhitePaper-1.pdf

Law Library Of Congress (U.S.). Global Legal Research Directorate. (2018). *Regulation of cryptocurrency around the world.* (p. 53). The Law Library of Congress, Global Legal Research Center. (Original work published 2024)

Lisbon DAO Observatory. (2016). Lisbon DAO Observatory. https://lisbondaoobservatory.cidp.pt/what-is-a-dao

Maia, G., & Vieira dos Santos, J. (2021). MiCA and DeFi ("Proposal for a Regulation on Market in Crypto-Assets" and "Decentralised Finance"). *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3875355

Mendes da Silva, J. (2023). *Moedas Virtuais – Enquadramento jurídico e a necessidade da sua regulação in O DIREITO - ANO 155.o (2023) - No II* (p. 320–340).

Mendes, A. R. (2024). *The Case for Taxing DAOs Challenges, Methods, and Impossibility in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 93–112). Mohr Siebeck.

Meyer, O. (2020). *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts* (p. 6). Journal of European Consumer and Market Law (EuCML) 2020, 17 ff.

Mienert, B. (2021). *How Can a Decentralized Autonomous Organization (DAO) Be Legally Structured?* Papers.ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3992329

MiEthereum. (2024, May 17). *AI Smart Contracts: Exploring the Future of Blockchain-Based Automation - MiEthereum*. MiEthereum. https://miethereum.com/learn/ai-smart-contracts.

Milman, O. (2024, February 27). US judge halts government effort to monitor crypto mining energy use. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/technology/2024/feb/27/crypto-mining-electricity-use.

MIT Digital Currency Initiative., *51% attacks*. 2024, Retrieved October 11 from https://dci.mit.edu/51-attacks.

Monteiro, F. (2023). Decentralised autonomous organisations for public procurement. *EASE '23: Proceedings of the 27th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 378–385.

Möslein, F., & Ostrovski, D. (2024). *Legal personality of Decentralized Autonomous Organizations (DAOs): Privilege or Necessity? in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation*. Mohr Siebeck.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: a Peer-to-Peer Electronic Cash System. In *bitcoin.org*. bitcoin.org. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf.

Nespral, D., & Hergueda, R. F. (2021). *Blockchain* (p. 14–24). Ediciones de la U.

Oliveira, A. P. de. (2021). *Manual de Corporate finance* (2a ed., p. 183–186). Almedina.

Oliveira, A. P. de. (2023). *Smart Contracts, Risco e Codificação da Desvinculação ou Modificação Negocial - Os falsos dilemas da inter-relação lei-código nos contratos empresariais* (p. 13). Almedina.

Oliveira, A. P., Cordeiro, A. M., & Pereira Duarte, D. (2019a). *FinTech - Desafios da Tecnologia Financeira - 2a Edição* (p. 279–282). Almedina.

Oliveira, A.P., Cordeiro, A. M., & Pereira Duarte, D. (2019b). *FinTech II - Novos Estudos sobre Tecnologia Financeira*. Almedina.

Oliveira, M. P. de, & Boura, M. (2023). *DAOs and Mandatory Decentralisation: How to assess decentralisation when shaping regulation for DAOs in DAOs and Mandatory Decentralisation* (p. 3–4). Mohr Siebeck.

Oliveira, M. P. de, & Rolo, A. G. (Eds.). (2024). *Descentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation* (p. 13). Mohr Siebeck.

Oliveira, M.P., & Boura, M. (2023). *MiCA e DeFi: onde fica a regulação no caminho da descentralização? in MiCA - Estudos sobre a Nova Regulação Europeia de Criptoativos* (p. 289–331). Almedina.

Østbye, P. (2022, January 12). *Exploring The Role of Law in The Governance of Cryptocurrency Systems and Why Limited Liability DAOs might be a Bad Idea*. Papers.ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4007547

Pinheiro, L. de L. (2023). Laws Applicable to International Smart Contracts and Decentralized Autonomous Organizations (DAOS). *Centro de Investigação de Direito Privado (CIDP) Research Paper No. 02/2023*, 5.

Pinheiro, L. L. (2024a). *Estudos de direito da internet* (p. 423). AAFDL EDITORA.

Pinheiro, L. L. (2024b). *Laws Applicable to International Smart Contracts and Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 282).

Pinto, J. (2013). What is Project Finance? *Investment Management and Financial Innovations*, *14*, 200–210. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2368614

Pires, C. M. (2018). A lei aplicável à sociedade anónima europeia (societas europaea). *ULP Law Review - Revista de Direito Da ULP*, *2*(12). https://doi.org/10.46294/ulplr.

Ramos, H. (2019). *Smart contracts: entre a tradição e a inovação in FinTech II - Novos Estudos sobre Tecnologia Financeira* (p. 181–216). Almedina.

Regulation of cryptocurrency around the world. (2018). Library of Congress, Washington, D.C. 20540 USA. https://www.loc.gov/item/2018298387/

Richard, P., Schlosser, M., & Zimmermann, H. (2023). *Rethinking blockchain's electricity consumption A guide to electricity-efficient design of decentralized data infrastructure*. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/Guide_Rethinking_Blockchain_s_Energy_Consumption.pdf

Rolo, A. G. (2022). Desafios na qualificação jurídica das organizações autónomas descentralizadas (DAOS) : O aparecimento da "criptossociedade"?. *CIDP Research Paper N.o 11/2022*.

Savigny. (1840). *System des heutigen römischen Rechts* (p. 236).

Schillig, M. A. (2023). Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) under English law. *Law and Financial Markets Review*, 1–11. https://doi.org/10.1080/17521440.2023.2174814

Schmidt, O., & Riva, S. (2019). DECENTRALIZED AUTONOMOUS ORGANIZATIONS (DAOs) IN THE SWISS LEGAL ORDER. *Yearbook of Private International Law*, *21*, 601–638.

https://www.unine.ch/files/live/sites/florence.guillaume/files/Publications/Riva%20DAO%20in%20Swiss%20legal%20order.pdf

Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G., & Keller, R. (2020). Recent Developments in Blockchain Technology and their Impact on Energy Consumption. *Informatik Spektrum*. https://doi.org/10.1007/s00287-020-01321-z

Shardeum Content Team. (2023, March 30). *Blockchain architecture - structure, functionality, and types*. Shardeum | EVM Based Sharded Layer 1 Blockchain. https://shardeum.org/blog/blockchain-architecture

Singapore court's cryptocurrency decision: Implications for cryptocurrency trading, smart contracts, and AI. (2019). Https://Www.nortonrosefulbright.com/En-Gb/Knowledge/Publications/2019. https://www.nortonrosefulbright.com/en-gb/knowledge/publications/6a118f69/singapore-courts-cryptocurrency-decision-implications-for-trading-smart-contracts-and-ai.

Sousa, J.S., *Decentralized autonomous organisations (DAOs) and knowledge attribution in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 191–206). (2024). Mohr Siebeck.

Stazi, A. (2022). Smart Contracts: Elements, Pathologies and Remedies. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4266063

Stryker, C., & Kavlakoglu, E. (2024, August 16). *What is artificial intelligence (AI)?* IBM. https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence

Surden, H. (2014). *Computable Contracts*. Ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2216866

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2018). *Blockchain revolution how the technology behind bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world* (p. 25). New York, Ny Portfolio/Penguin June.

Tendon, S., & Ganado, M. (2018). Tiré à part Legal Personality for Blockchains, DAOs and Smart Contracts. *RTDF N° 2-2014*. https://ganado.com/wp-content/uploads/2018/06/rtdf2018_1_doctrine_tendon_ganado_tap.pdf.

The DAO: What Was the DAO Hack? (2023). Gemini. https://www.gemini.com/cryptopedia/the-dao-hack-makerdao#section-origins-of-the-dao.

Tjong Tjin Tai, E. (2017). Formalizing Contract Law for Smart Contracts. *SSRN Electronic Journal*, (96 e ss.). https://doi.org/10.2139/ssrn.3038800

U.S. energy information administration - EIA - independent statistics and analysis. (2024). Eia.gov. https://www.eia.gov/pressroom/releases/press550.php

Vandy, N. (2024). *Progressive Decentralization requires Progressive Regulation: Do DAOs require direct legislative intervention, self-regulation or no regulation? in Decentralised Autonomous Organisation (DAO) Regulation* (p. 27–58). Mohr Siebeck.

Varela, Antunes. (2017). *Das Obrigações em Geral*, vol. II, Almedina, Coimbra.

Vermont DAO jurisdictions. (2023, October 4). Internet Native Organization (INO). https://internetnative.org/vermont-dao/

Vieira dos Santos, J. (2024). *The Nature of the DAO: Transaction Costs, MiCAand a Specific Legal Framework in Descentralized Autonomous Organization (DAO) Regulation*. Mohr Siebeck.

Vitalik Buterin's concept of decentralization - DELab - Uniwersytet Warszawski. (2019a). DELab - Uniwersytet Warszawski. https://delab.uw.edu.pl/27027-2/

Vitalik Buterin's concept of decentralization - DELab - Uniwersytet Warszawski. (2019b, April 19). DELab - Uniwersytet Warszawski. https://delab.uw.edu.pl/27027-2/

Wagner, G., & Eidenmueller, H. (2021). *Digital Dispute Resolution*. Papers.ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3871612

Wharton Staff. (2006). *Enron Aside, Special Purpose Vehicles (SPVs) Are Legal, Innovative and Widely Used*. Wharton School of the University of Pennsylvania. https://knowledge.wharton.upenn.edu/podcast/knowledge-at-wharton-podcast/enron-aside-special-purpose-vehicles-spvs-are-legal-innovative-and-widely-used/

What Is A DAO And How Do They Work? (2021). Consensys. https://consensys.io/blog/what-is-a-dao-and-how-do-they-work

(2023). EU Blockchain Observatory and Forum. https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/about_en