



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE DIREITO

JÚLIO CÉSAR GOMES PEREIRA

SMART CONTRACTS E BLOCKCHAIN:
um estudo a partir da análise econômica do direito

Brasília

2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE DIREITO

JÚLIO CÉSAR GOMES PEREIRA

SMART CONTRACTS E BLOCKCHAIN:
um estudo a partir da análise econômica do direito

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de bacharel em Direito pela
Universidade de Brasília – UnB.

Orientador (a): Roseli Rêgo Santos Cunha Silva

Brasília
2025

CIP - Catalogação na Publicação

P436s Pereira, Júlio César Gomes.
 SMART CONTRACTS E BLOCKCHAIN: um estudo a partir da
 análise econômica do direito / Júlio César Gomes Pereira;

 Orientador: Roseli Rêgo Santos Cunha Silva. Brasília, 2025.
 78 f.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Direito)
 Universidade de Brasília, 2025.

 1. Smart contracts. 2. Contratos. 3. Blockchain. 4.
 Análise Econômica do Direito. 5. Tecnologia e Direito. I.
 Rêgo Santos Cunha Silva, Roseli, orient. II. Título.

JÚLIO CÉSAR GOMES PEREIRA

SMART CONTRACTS E BLOCKCHAIN:
um estudo a partir da análise econômica do direito

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Direito pela
Universidade de Brasília – UnB. Orientador (a): Roseli Rêgo Santos Cunha Silva

Data de Aprovação: 17/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Roseli Rêgo Santos Cunha Silva – Orientadora

Doutora em Direito

Professora da Faculdade de Direito (UnB)

Othon de Azevedo Lopes – Membro da Banca

Doutor em Direito

Professor da Faculdade de Direito (UnB)

Angelo Gamba Prata de Carvalho – Membro da Banca

Doutor em Direito

Professor da Faculdade de Direito (UnB)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, não poderia começar de outra forma senão agradecendo à minha família, pois sem eles nada disso seria possível. Ao meu pai, Ivan, à minha mãe, Lúcia, e aos meus irmãos, Aline e Rafael, deixo o meu mais sincero e profundo: obrigado. Sem o apoio de vocês, eu não teria chegado tão longe. Nem sequer consigo expressar em palavras a gratidão que sinto por tudo o que fizeram – e ainda fazem – por mim. Vocês foram (e continuam sendo) fundamentais na construção de quem sou hoje e de quem serei amanhã. Sou imensamente grato por isso. Mais uma vez, obrigado. Amo vocês. No fim, é o amor da família que sustenta os nossos sonhos e torna cada conquista verdadeiramente valiosa.

Além disso, não posso deixar de mencionar aqueles que tornaram esse longo processo mais leve e divertido: os meus amigos. Aos que estiveram comigo desde antes da faculdade e aos que conheci ao longo dessa jornada, o meu sincero agradecimento. Vocês tornaram tudo menos pesado e mais suportável, e sou profundamente grato pela vida de cada um. A presença, as conversas, as risadas e o suporte de vocês foram essenciais. Entre dias de altos e baixos, vocês foram meu ponto de apoio – o lugar seguro onde pude parar, respirar e seguir em frente.

E, por fim, a mim. Só eu sei, de verdade, tudo o que esse processo significou. Por isso, sou grato por quem fui, por quem sou e por quem estou me tornando. Concluo aqui mais um ciclo, mais uma etapa da minha vida – e tenho certeza de que este é apenas o começo. Ainda assim, não deixo de reconhecer e valorizar o caminho até aqui. Talvez, a maior conquista tenha sido justamente essa: ter me tornado alguém de quem eu me orgulho.

"Qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinguível da magia".

– Arthur C. Clarke.

RESUMO

A presente monografia tem por objetivo investigar os *smart contracts* a partir de uma abordagem interdisciplinar que integra fundamentos da teoria geral dos contratos, aspectos técnicos da tecnologia blockchain e pressupostos da Análise Econômica do Direito (AED). Diante da crescente automatização das relações jurídicas e da incorporação de sistemas computacionais à execução de obrigações, impõe-se refletir sobre os efeitos jurídicos, os limites normativos e os impactos econômicos desses novos modelos contratuais. No primeiro capítulo, o trabalho examina como os *smart contracts* se relacionam com os elementos estruturantes da teoria contratual, destacando desafios à aplicação de princípios como a boa-fé objetiva, a função social do contrato e o equilíbrio econômico. O segundo capítulo analisa a tecnologia blockchain como base operacional desses contratos, investigando suas implicações para a segurança jurídica e seus obstáculos práticos, como a rigidez da autoexecutoriedade e a dependência de oráculos. Por fim, o terceiro capítulo utiliza a perspectiva da AED para avaliar os potenciais ganhos de eficiência, a redução de custos de transação e os limites da aplicabilidade econômica dos *smart contracts* em diferentes contextos contratuais. Conclui-se que, embora os *smart contracts* representem uma inovação promissora, sua integração ao ordenamento jurídico brasileiro requer desenvolvimento regulatório, ponderação crítica e soluções técnicas que garantam não apenas eficiência, mas também justiça nas relações contratuais.

Palavras-chave:

Smart contracts. Contratos. Blockchain. Análise Econômica do Direito. Tecnologia e Direito.

ABSTRACT

This thesis aims to examine smart contracts through an interdisciplinary approach that integrates elements of contract theory, technical aspects of blockchain technology, and the assumptions of Law and Economics. In view of the increasing automation of legal relationships and the incorporation of computational systems in the performance of obligations, it is essential to reflect on the legal effects, normative limitations, and economic impacts of these new contractual models. The first chapter explores how smart contracts relate to the foundational elements of contract law, emphasizing challenges to the application of principles such as good faith, the social function of the contract, and economic balance. The second chapter investigates blockchain technology as the operational basis of these contracts, analyzing its role in promoting legal certainty as well as its practical limitations, such as rigidity, immutability, and reliance on oracles. Lastly, the third chapter adopts a Law and Economics perspective to assess the potential efficiency gains, the reduction of transaction costs, and the applicability boundaries of smart contracts in various contractual contexts. The study concludes that, although smart contracts are a promising innovation, their integration into the Brazilian legal system requires regulatory development, critical reflection, and technical solutions capable of ensuring not only efficiency, but also fairness in contractual relations.

Keywords:

Smart contracts. Contracts. Blockchain. Law and Economics. Technology and Law.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	<i>SMART CONTRACTS</i> A PARTIR DA TEORIA GERAL DOS CONTRATOS.....	11
2.1	CONCEITO E FUNDAMENTOS DOS CONTRATOS TRADICIONAIS.....	11
2.1.1	Características primárias dos contratos tradicionais.....	12
2.1.2	Elementos constitutivos dos contratos – Escada Ponteano.....	14
2.1.3	Os seis princípios contratuais essenciais	16
2.2	SMART CONTRACTS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS	22
2.3	DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS ENTRE CONTRATOS TRADICIONAIS E <i>SMART CONTRACTS</i>	30
3	UTILIZAÇÃO DA BLOCKCHAIN NOS SMART CONTRACTS COMO ELEMENTO DE SEGURANÇA JURÍDICA	40
3.1	BLOCKCHAIN: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	40
3.2	MECANISMOS DE SEGURANÇA JURÍDICA PROPORCIONADOS PELA BLOCKCHAIN	45
3.3	DESAFIOS E LIMITAÇÕES DO USO DE <i>SMART CONTRACTS</i>	48
4	ANÁLISE ECONÔMICA DOS <i>SMART CONTRACTS</i>	53
4.1	FUNDAMENTOS DA ANÁLISE ECONÔMICA DO DIREITO APLICADA AOS CONTRATOS	53
4.2	EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE CUSTOS DE TRANSAÇÃO	56
4.2.1	Conceito e Tipologia dos Custos de Transação	57
4.2.2	Eficiência Operacional dos Smart Contracts	60
4.2.3	Custos Técnicos e Limitações Tecnológicas	63
4.2.4	Eficiência Institucional e Impactos Jurídicos	65
4.2.5	Avaliação Comparativa e Aplicações Setoriais	68
5	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário cotidiano, ao se aproximar do horário do *check-out* de um apartamento alugado via plataforma digital, a fechadura da porta se tranca automaticamente. Em outro, um carro alugado deixa de ligar por falta de pagamento. Um agricultor recebe liberação automática de crédito rural após sensores indicarem, em tempo real, que o solo está seco. Uma ordem de compra de ações é disparada assim que determinado índice atinge o valor programado. Em todos esses casos, não há qualquer contato humano direto, tampouco aviso prévio: há apenas execução automática de obrigações previamente estabelecidas. São exemplos concretos de um novo modo de contratar, no qual a vontade humana é exercida previamente – e depois substituída por códigos, sensores e sistemas.

A combinação entre tecnologia blockchain, Internet das Coisas (IoT), sensores inteligentes e linguagem computacional tem permitido a criação de arranjos contratuais que operam de forma autônoma, descentralizada e, em muitos casos, irreversível. A contratação, nesse novo paradigma, não depende mais da mediação institucional tradicional, e tampouco da possibilidade de revisão no curso da execução. Como pontua Merighi (2023, p. 66), trata-se de uma contratação pós-moderna, na qual a interação humana cede espaço ao código e à automação.

Nesse contexto, surge o seguinte questionamento: em que medida os *smart contracts* podem ser compatibilizados com os fundamentos estruturantes do Direito Contratual brasileiro e, sob a perspectiva da Análise Econômica do Direito, contribuir para a redução dos custos de transação e a mitigação das assimetrias informacionais nas relações obrigacionais?

Diante desses desafios, esta monografia propõe investigar os chamados *smart contracts* sob três perspectivas interdependentes: a dogmática contratual, a infraestrutura tecnológica e a análise econômica das obrigações. O objetivo central é compreender como essa inovação impacta o Direito Contratual contemporâneo, e de que forma é possível compatibilizar eficiência técnica com proteção jurídica.

Os objetivos específicos delineados foram os seguintes: a) analisar os *smart contracts* à luz da teoria geral dos contratos, investigando em que medida podem ser enquadrados como contratos jurídicos tradicionais ou se configuram como um novo modelo contratual a ser regulado; b) examinar a tecnologia blockchain como fundamento operacional dos *smart contracts*, avaliando suas contribuições à segurança jurídica e identificando seus limites práticos, como rigidez, imutabilidade e resistência à intervenção externa; c) avaliar os impactos econômicos dos *smart contracts* sob a ótica da Análise Econômica do Direito (AED), com foco

na redução dos custos de transação, mitigação de assimetrias informacionais e potencial ganho de eficiência nas relações contratuais; d) investigar a compatibilidade entre a eficiência técnica proporcionada pelos *smart contracts* e a proteção jurídica assegurada pelos princípios contratuais fundamentais, como a boa-fé objetiva, o equilíbrio econômico e a função social do contrato e; e) contribuir para o amadurecimento do debate jurídico sobre a regulação e a aplicação prática dos *smart contracts*, promovendo uma abordagem crítica e interdisciplinar que articule os campos do Direito, da tecnologia e da economia.

A metodologia utilizada é predominantemente qualitativa, de natureza exploratória, com base em pesquisa bibliográfica e documental. A abordagem utiliza doutrina nacional e estrangeira, estudos técnicos sobre blockchain e *smart contracts*, e contribuições teóricas oriundas da análise econômica do Direito, buscando articular esses campos em uma perspectiva crítica e integrada.

Ao reunir essas três abordagens – jurídica, tecnológica e econômica – o presente trabalho pretende contribuir para o amadurecimento do debate sobre os *smart contracts*, evidenciando que sua regulação e aplicação prática exigem, mais do que entusiasmo tecnológico, um olhar crítico atento às estruturas que sustentam o Direito Contratual e à função social que esse ramo do Direito deve continuar a exercer.

No Capítulo 1, parte-se da teoria geral dos contratos para refletir sobre o lugar dos *smart contracts* no sistema jurídico brasileiro. A partir dos elementos estruturais, princípios fundamentais e fundamentos clássicos do contrato, investiga-se em que medida essa nova ferramenta pode ser compreendida como contratos em sentido jurídico, ou se representam um novo modelo a ser regulado.

O Capítulo 2 se dedica à análise da tecnologia que viabiliza a existência e a eficácia prática dos *smart contracts*, com destaque para a blockchain. Busca-se entender como essa base técnica contribui para a segurança jurídica, mas também quais problemas decorrem da rigidez, da imutabilidade e da dificuldade de intervenção externa. Nesse ponto, reflete-se sobre o papel do Direito diante de mecanismos que, uma vez acionados, resistem à revisão ou suspensão, mesmo quando isso seria razoável.

No Capítulo 3, por fim, adota-se a ótica da Análise Econômica do Direito (AED), examinando os impactos dos *smart contracts* sobre os custos de transação, a mitigação de riscos e a eficiência alocativa. Analisa-se, também, se a adoção desses contratos automatizados pode representar um avanço nas práticas contratuais, ou se há riscos de que sua aplicação traga efeitos indesejados quando deslocada de ambientes digitais para contextos complexos, especialmente nas relações assimétricas.

2 *SMART CONTRACTS* A PARTIR DA TEORIA GERAL DOS CONTRATOS

O presente capítulo, a partir de uma análise comparativa, irá analisar os *smart contracts* à luz da teoria geral dos contratos, investigando em que medida podem ser enquadrados como contratos jurídicos tradicionais ou se configuram como um novo modelo contratual a ser regulado. Inicialmente, examinam-se os conceitos centrais dos contratos tradicionais, abrangendo sua formação, requisitos de validade, princípios norteadores e função econômica. Em seguida, aborda-se o conceito de *smart contract*, suas características técnicas e implicações jurídicas. Por fim, estabelece-se uma comparação entre os dois modelos, identificando pontos de convergência, divergências, limitações e possíveis formas de harmonização.

O objetivo é fornecer uma base sólida para a compreensão crítica dos *smart contracts* no âmbito do ordenamento jurídico brasileiro, preparando o terreno para discussões futuras sobre sua validade, aplicabilidade e eventuais ajustes normativos.

2.1 CONCEITO E FUNDAMENTOS DOS CONTRATOS TRADICIONAIS

Para que se possa compreender em profundidade os desafios jurídicos impostos pelos *smart contracts*, é necessário, antes, retomar os fundamentos que estruturam o contrato no Direito Civil brasileiro. Afinal, qualquer inovação tecnológica que pretenda se apresentar como instrumento contratual – ou, ao menos, como mecanismo de execução de obrigações – deverá ser analisada à luz dos elementos, características e princípios que historicamente moldaram a teoria contratual.

É nesse sentido que se propõe, nos tópicos seguintes, um resgate das noções fundamentais do chamado “contrato tradicional”. A abordagem será desenvolvida em três frentes: inicialmente, apresentam-se as características primárias do contrato, com ênfase na bilateralidade, patrimonialidade e força obrigatória, reconhecendo sua evolução dogmática e função social no ordenamento contemporâneo; em seguida, examinam-se os elementos constitutivos dos contratos à luz da Escada Ponteano, cuja estrutura permite compreender o contrato nos planos da existência, validade e eficácia; por fim, analisa-se o conjunto de princípios contratuais essenciais, que, ao lado das normas cogentes, orientam a interpretação e a aplicação do contrato, sobretudo em cenários de desequilíbrio ou incerteza.

Esse arcabouço permitirá, no momento oportuno, contrastar os contratos jurídicos convencionais com os chamados *smart contracts*, verificando em que medida esses instrumentos tecnológicos dialogam, rompem ou se integram ao modelo jurídico consagrado.

2.1.1 Características primárias dos contratos tradicionais

Antes de explorar o que seriam os “contratos tradicionais”, é importante destacar que o objetivo deste tópico não é limitar o conceito de contrato a uma única noção, tampouco trazer um manual completo sobre o instituto. A intenção aqui é trazer luz às principais ideias e noções que importantes doutrinadores possuem acerca da figura do contrato, a fim de que seja possível entender em que medida os *smart contracts* se aproximam ou se distanciam dos contratos convencionalmente conhecidos.

Em primeiro lugar, não há como começar a falar de conceito – seja de contrato ou qualquer outro – sem considerar o contexto histórico e, principalmente neste caso, econômico em que ele se fundou inicialmente. Assim como destaca Gustavo Tepedino (2024), o contrato é considerado um dos pilares da concepção clássica do direito civil, e suas definições são muito próximas ao individualismo que emergiu na cultura jurídica dominante na Europa dos séculos XVIII e XIX. Em razão disso, o contrato passou a ser identificado como um acordo de vontades, destacando-se a hegemonia da vontade como definição e fonte principal para a regulação dos interesses privados (Tepedino, 2024, p. 3-4).

Conforme elencado pelo professor Tepedino (2024), o Brasil, diferentemente de outros ordenamentos, não definiu o contrato em suas codificações, o que acabou por, em certa medida, favorecer “a evolução conceitual a partir de constante releitura e reinterpretação histórica do conceito pela doutrina, adaptando-o aos valores fundantes do ordenamento” (Tepedino, 2024, p. 4). Essa evolução conceitual fez com que o contrato deixasse de ser puramente um acordo de vontades e passasse a ser interpretado como norma de comportamento, afastando-se aos poucos do apego à manifestação livre de vontade e se aproximando de um instrumento que serve para a autorregulação de interesses (Tepedino, 2024, p. 4).

Nesse contexto, recorre-se a mais uma lição do professor para explicar o motivo de a doutrina ter delimitado o conceito desse instituto, sobretudo quando a legislação não o fez:

Busca-se delimitar o que é contrato para identificar sobre quais situações devem incidir as normas de direito contratual. Igualmente, a definição de contrato também serve, a *contrario sensu*, para determinar o que não pode ser compreendido como contrato e, dessa forma, indicar as situações que restam excluídas, a princípio, da incidência dessas normas. Por conseguinte, a elaboração da noção de contrato não se destina à construção de categoria pura ou de conceito imutável, para fins de aperfeiçoamento da ciência do direito, mas sim à finalidade prático-social. Busca-se a definição que sirva para identificar a quais fenômenos se reputa adequada, a priori, a aplicação das normas de direito contratual (Tepedino, 2024, p. 5).

Isso posto, torna-se possível contemplar algumas das principais definições dadas pela doutrina acerca do que seria contrato. Maria Helena Diniz (2025, p. 12), por exemplo, define contrato como "o acordo de duas ou mais vontades, na conformidade da ordem jurídica, destinado a estabelecer uma regulamentação de interesses entre as partes". Em linha semelhante, Flávio Tartuce (2025, p. 1) o conceitua como "ato jurídico bilateral, dependente de pelo menos duas declarações de vontade, cujo objetivo é a criação, a alteração ou até mesmo a extinção de direitos e deveres de conteúdo patrimonial". Ainda nesse sentido, Orlando Gomes (2022, p. 42) pontua que contrato é "o negócio jurídico bilateral, ou plurilateral, que sujeita as partes à observância de conduta idônea à satisfação dos interesses que regularam".

Com isso, parece certo dizer que, em termos gerais, as definições de contrato são convergentes em três pontos principais: bilateralidade, patrimonialidade e obrigatoriedade. Isso faz com que seja necessário desenvolver algumas linhas acerca dessas três características.

Em primeiro lugar, a bilateralidade. Gustavo Tepedino (2024, p. 5) reforça que todo contrato é um negócio jurídico bilateral, pois se constitui por meio de manifestações de vontade complementares. É importante que isso seja destacado porque, conforme dito pelo autor, a bilateralidade pode se colocar em diversos sentidos no plano dos contratos, seja se referindo acerca das manifestações de vontade, das obrigações ou das prestações¹. Com isso, Tepedino (2024) conclui que o consentimento, portanto, seria um elemento característico dos contratos, algo que faria com que as manifestações de vontade se unissem pela concordância.

Além disso, a fim de que não gere confusões, faz-se necessário ressaltar que a bilateralidade citada acima também abrange os negócios tidos como plurilaterais, ou seja, aqueles contratos que possuem diversos centros de interesses reunidos em busca de um objetivo em comum. Um exemplo clássico de contrato plurilateral são os contratos de sociedades (Tepedino, 2024).

Em sequência, a patrimonialidade é outro elemento essencial a ser destacado. O contrato regula situações jurídicas com repercussões econômicas, sendo, portanto, instrumento central para a ordenação das relações privadas e comerciais. Nesse aspecto o professor Tepedino (2024) faz a distinção entre situações jurídicas existenciais e patrimoniais, em que as últimas estariam relacionadas aos contratos. Além disso, ele reforça que, por mais que existam situações em que esses dois contextos se comuniquem, é necessário que cada uma receba tratamentos normativos

¹ No plano das prestações o contrato pode vir a ser classificado como unilateral, que ocorre quando apenas uma parte arca com as obrigações. Como exemplo pode ser citado o contrato de doação, em que o doador tem a obrigação de transferir a propriedade ao donatário, enquanto este não possui nenhuma obrigação em troca. (TARTUCE, 2025).

diferentes, sobretudo porque, com a constitucionalização do direito civil, as situações existenciais passaram a possuir maior relevância em relação às patrimoniais. Portanto, Tepedino (2024) reforça a importância de um bom processo hermenêutico na análise do caso a caso.

Por fim, a terceira característica a ser observada é a obrigatoriedade. Em linhas gerais, não há contrato se o acordo firmado entre as partes não for apto a produzir efeitos vinculantes (Tepedino, 2024). Ou seja, assim como qualquer negócio jurídico, o contrato estabelece um regulamento obrigatório. Nessa perspectiva, “Os contratantes partilham o “sentimento de uma obrigação incondicionada”, cuja violação implica a cominação de sanção externa e institucionalizada, própria da incidência das normas jurídicas” (Tepedino, 2024, p. 8). Ademais, Tepedino (2024) afirma que essa obrigatoriedade não se confunde com a ideia de criação de novas relações obrigacionais, mas sim à ideia de o acordo vincular as partes juridicamente ao cumprimento, tornando-o exigível através das normas do ordenamento. Com isso, é possível afirmar que “a definição de contrato abrange todos aqueles acordos de conteúdo patrimonial que são dotados de força obrigatória” (Tepedino, 2024, p. 9).

Com esse ponto de partida, passa-se à análise de outras características dos contratos. Do ponto de vista funcional, por exemplo, os contratos desempenham papel decisivo na vida econômica. Orlando Gomes (2022, p. 51) observa que “a vida econômica desdobra-se através de imensa rede dos contratos que a ordem jurídica oferece aos sujeitos de direito”, algo que, inclusive, comunica-se com a ideia de patrimonialidade. O contrato é, nesse sentido, um instrumento de coordenação social que reduz incertezas, formaliza expectativas e regula a circulação de bens e serviços.

Essa função reguladora dos contratos também pode ser compreendida sob a ótica da Análise Econômica do Direito, que será melhor abordada no decorrer do trabalho. Mas, já de antemão, é possível dizer que o contrato nesse enfoque é uma tecnologia social que organiza o comportamento dos agentes econômicos e minimiza os chamados custos de transação (Coase, 2022, p. 76). Ao internalizar riscos, alinhar incentivos e prever soluções para possíveis conflitos, os contratos tornam-se mecanismos eficientes para a maximização de utilidade, mesmo que essa racionalidade econômica não seja explicitamente incorporada à doutrina civilista tradicional.

2.1.2 Elementos constitutivos dos contratos: Escada Ponteano

Outra questão importante diz respeito aos elementos constitutivos dos contratos. Nesse aspecto, observa-se que Flávio Tartuce (2025, p. 16) apresenta a Escada Ponteano, segundo a

qual o contrato deve ser analisado sob os planos da existência, da validade e da eficácia – sendo cada etapa dependente da anterior. Sendo assim, Tartuce (2025) diz que o plano da existência se refere aos elementos mínimos para um negócio jurídico, que são: agente, vontade, objeto e forma.

De forma complementar, no plano da validade esses substantivos ganham adjetivos. Ou seja, agente capaz, objeto lícito, possível, determinado ou determinável, e forma prescrita ou não defesa em lei². Esses elementos, inclusive, estão expressamente previstos no art. 104 do Código Civil. Nessa perspectiva, Tartuce (2025) afirma que o negócio jurídico que não preenche os requisitos de validade, apresentando vícios ou falhas nesses elementos, será, em regra, considerado nulo de pleno direito, caracterizando uma nulidade absoluta. Em certas situações, no entanto, ele aponta que o negócio pode ser apenas anulável, como nos casos em que é realizado por pessoa relativamente incapaz ou quando há algum vício no consentimento.

Finalmente, no plano da eficácia estão as questões relacionadas às consequências e aos efeitos gerados pelo negócio em relação às partes e a terceiros (Tartuce, 2025). Ou seja, envolve a suspensão ou a extinção dos direitos e deveres contratuais, como ocorre nas hipóteses de condição, termo ou encargo, bem como nas normas aplicáveis ao inadimplemento, aos juros, à multa ou cláusula penal, às perdas e danos, à resolução, à rescisão, ao registro imobiliário e, via de regra, à tradição (Tartuce, 2025).

Ainda nesse tópico, cabe ressaltar que a manifestação de vontade é o cerne do contrato. Ela deve ser livre de vícios e resultar em um consenso claro entre as partes. Para Gomes (2022, p. 43), "a coincidência das declarações é essencial à formação do contrato. Chame-mo-la consenso". É esse consenso que dá origem à relação obrigacional, sustentando-se nos princípios da autonomia privada e da confiança recíproca (Gomes, 2022).

No que tange à forma, predomina o princípio da liberdade formal. A regra geral é que o contrato se aperfeiçoe pelo simples acordo de vontades, independentemente da forma adotada, salvo disposição legal em contrário (Gomes, 2022). O art. 107 do Código Civil reforça essa liberdade ao estabelecer que "a validade da declaração de vontade não dependerá de forma especial, senão quando a lei expressamente a exigir" (Diniz, 2025, p. 18).

Ademais, o sistema jurídico brasileiro permite a celebração de contratos atípicos, também chamados inominados, conforme autoriza o art. 425 do Código Civil³. Gomes (2022,

² Com relação à vontade Tartuce (2025, p. 16) diz o seguinte: "Na realidade, não há menção à vontade livre, mas é certo que tal elemento está inserido no plano da validade, seja na capacidade do agente, seja na licitude do objeto do negócio".

³ "Art. 425. É lícito às partes estipular contratos atípicos, observadas as normas gerais fixadas neste Código".

p. 51) observa que esses arranjos contratuais, ainda que não previstos em lei, são juridicamente protegidos desde que não contrariem normas cogentes ou princípios fundamentais do ordenamento. Essa questão será melhor aprofundada posteriormente ao se tratar dos *smart contracts*, porém já se percebe que é algo que abre margens à existência de várias formas contratuais.

2.1.3 Seis princípios contratuais essenciais

Para dar prosseguimento, não há como falar de contratos sem falar de princípios. Nesse contexto, Flávio Tartuce (2025, p. 57) diz que “é até comum afirmar que o vigente Código Civil Brasileiro é um Código de Princípios, tão grande a sua presença na codificação vigente”. Por essa razão, faz-se necessário se debruçar na densa doutrina do professor Orlando Gomes para dissertar um pouco sobre os princípios estruturantes do contrato.

O regime jurídico contratual é guiado por princípios que evoluíram com o tempo. A teoria clássica assentava-se na autonomia da vontade, no consensualismo e na força obrigatória dos contratos (*pacta sunt servanda*). Com o advento da Constituição Federal de 1988, somaram-se a esses fundamentos os princípios da boa-fé objetiva, da função social do contrato e do equilíbrio econômico (Gomes, 2022). Orlando Gomes (2022) ressalta que o sistema contratual contemporâneo integra esses seis princípios de forma articulada, refletindo uma abordagem mais humanizada e solidária do Direito Civil.

Ainda com base em Orlando Gomes (2022), nota-se que o princípio da autonomia da vontade é tratado como fundamento essencial do Direito Contratual e está ligado diretamente à ideia de liberdade individual no âmbito privado. Segundo o autor, essa autonomia manifesta-se de forma tríplice: na liberdade de contratar, na liberdade de estipular as cláusulas contratuais e na liberdade de determinar o conteúdo do contrato. Ou seja, o indivíduo tem o poder de decidir se quer ou não contratar, com quem contratar e em que condições, configurando um modelo liberal de contratação (Gomes, 2022, p. 54).

No entanto, como pondera Gomes (2022), essa liberdade não é absoluta. O autor observa que ela encontra limitações fundamentais nas normas de ordem pública e nos bons costumes. As normas de ordem pública, conforme explica, são aquelas que visam proteger os interesses gerais da coletividade, como as leis que regulam o estado civil, a propriedade, as sucessões, o sistema monetário e o direito do trabalho. Assim, a liberdade de contratar não pode contrariar as exigências da ordem pública, sob pena de nulidade do contrato (Gomes, 2022). Já os bons

costumes representam um padrão ético-social que também restringe a autonomia contratual, impedindo, por exemplo, a validade de contratos com finalidade ilícita ou imoral.

Outro ponto importante abordado por Gomes (2022) é a crítica ao modelo liberal excessivamente individualista, que pressupõe igualdade entre as partes contratantes. Para ele, essa igualdade muitas vezes é fictícia, pois, na prática, há situações em que uma parte detém clara superioridade econômica, impondo as cláusulas sem espaço para negociação. Isso ocorre, especialmente, nos contratos por adesão, onde o aderente se limita a aceitar ou recusar o contrato, sem qualquer possibilidade real de discussão (Gomes, 2022). Nesses casos, segundo o autor, a autonomia da vontade é mutilada, e o Direito deve intervir para reequilibrar a relação contratual.

Ademais, vale ressaltar que a evolução do Direito Contratual moderno exigiu a superação do modelo puramente liberal. A autonomia da vontade permanece como fundamento, mas deve ser lida à luz de outros princípios, como a função social do contrato, a boa-fé objetiva e a proteção da parte vulnerável (Gomes, 2022). Ou seja, a liberdade de contratar deve ser exercida dentro dos limites impostos pela solidariedade social e pela justiça contratual.

Outro princípio importantíssimo a ser citado é o do consensualismo. Como observa Orlando Gomes (2022), a ideia de que o simples consentimento das partes é suficiente para a formação do contrato representa uma conquista relativamente recente do pensamento jurídico. Em sociedades antigas, prevaleciam o formalismo e o simbolismo, exigindo-se rituais específicos para que o contrato fosse validamente formado (Gomes, 2022).

A evolução do Direito Romano ilustra bem essa transformação. Segundo Gomes (2022), os contratos reais eram celebrados com a cerimônia do “*per aes et libram*”⁴, envolvendo um ato simbólico de pesagem; os contratos verbais exigiam a “*stipulatio*”⁵, e os contratos literais se perfaziam *litteris*, ou seja, por meio de documentos que não apenas provavam o acordo, mas conferiam-lhe existência jurídica. Apenas os chamados contratos consensuais admitiam a formação pelo simples consentimento – e ainda assim eram em número bastante reduzido (Gomes, 2022).

Atualmente, vigora o princípio do consentimento, segundo o qual “o acordo de vontades é suficiente à perfeição do contrato” (Gomes, 2022, p. 64). Em regra, não se exige forma

⁴ Trata-se de uma forma de pagamento de uma obrigação, em que o devedor pode quitar sua dívida não apenas com dinheiro, mas também com bens ou valores. (Dicionário Jurídico, 2024).

⁵ Consiste em um acordo entre partes que, mesmo sem registro escrito, possui validade jurídica. A *stipulatio* é um exemplo tradicional de contrato baseado em declarações orais, demonstrando como a confiança mútua era suficiente para gerar obrigações entre os envolvidos. (Dicionário Jurídico, 2024).

especial: a formação contratual opera-se *solo consensu*. No entanto, Gomes (2022) ressalta que nem todos os contratos são puramente consensuais. Existem exceções importantes, como os contratos solenes – cuja validade depende da observância de solenidades legais – e os contratos reais, que apenas se aperfeiçoam com a entrega da coisa. Ainda assim, tais exceções não comprometem a regra geral de que “a simples operação intelectual do concurso de vontades pode gerar o contrato” (Gomes, 2022, p. 64).

Para finalizar a explanação acerca dos princípios da teoria clássica, cita-se o princípio da força obrigatória. Conforme ressalta Orlando Gomes (2022), esse princípio retrata a ideia de que o contrato é lei entre as partes. Isto é, observados todos os pressupostos e requisitos de validade, deve ser executado pelas partes “como se suas cláusulas fossem preceitos legais imperativos” (Gomes, 2022, p. 65). Nesse sentido, sua execução se impõe independentemente de mudanças nas circunstâncias, pois o acordo representa restrição voluntária à liberdade e obriga os contratantes a suportarem os efeitos, ainda que prejudiciais (Gomes, 2022). Essa rigidez, historicamente justificada pela autonomia da vontade e pela segurança jurídica, vedava qualquer ingerência judicial no conteúdo do pacto, salvo para decretar sua nulidade ou resolução (Gomes, 2022).

Entretanto, Orlando Gomes (2022) demonstra que o pensamento jurídico moderno passou a admitir, de forma excepcional, relativizações a esse princípio, sobretudo diante de acontecimentos imprevisíveis e extraordinários que onerem excessivamente uma das partes. O autor cita a teoria da imprevisão, consolidada após a Primeira Guerra Mundial, a qual reconhece a possibilidade de revisão ou resolução contratual quando fatos supervenientes, fora da previsibilidade comum, tornam a prestação desproporcionalmente onerosa. A cláusula *rebus sic stantibus*⁶ – presumida nos contratos de execução continuada ou diferida – passou a fundamentar essas intervenções, não mais como mera condição resolutiva implícita, mas sim como instrumento de justiça contratual (Gomes, 2022).

Além disso, a doutrina diverge quanto ao fundamento jurídico da revisão contratual. Alguns sustentam que a vontade contratual desaparece com a alteração imprevisível das circunstâncias, outros a justificam pela quebra da causa funcional do contrato ou pelo abuso de direito, quando o credor se beneficia de forma desproporcional (Gomes, 2022). Apesar disso, Orlando Gomes (2022) adverte que tais noções são fundamentos de política legislativa, não bastando, por si sós, como justificativas técnicas. Portanto, a superação da rigidez clássica não

⁶ Refere-se à cláusula contratual que permite a rescisão de contratos de longa duração pela parte obrigada, caso ocorram alterações significativas nas circunstâncias existentes no momento da celebração, resultando em um encargo substancialmente mais oneroso do que o originalmente previsto (Fundación Mapfre, 2025).

extingue o princípio da força obrigatória, mas lhe atribui relatividade, sem a qual o Direito Contratual deixaria de atender às exigências da justiça e da realidade social (Gomes, 2022).

Passando aos princípios consagrados mais recentemente, ressalta-se o princípio da boa-fé objetiva. Esse princípio orienta a interpretação dos contratos para que a intenção real das partes prevaleça sobre o sentido literal das palavras (Gomes, 2022). Além disso, considera condições implícitas que decorrem da natureza das obrigações, dos usos e da equidade, mesmo que não expressamente previstas pelas partes (Gomes, 2022). Orlando Gomes (2022) aponta que, diferente do direito estrito romano, o direito moderno rejeita interpretações formais e literais, adotando o princípio do consensualismo, que valoriza a vontade e a confiança entre os contratantes.

Nesse sentido, a boa-fé objetiva, que representa um padrão social de comportamento leal e colaborativo, guia a conduta das partes, exigindo delas transparência, lealdade e cooperação na execução contratual (Gomes, 2022). O professor Gomes (2022) diz que esse princípio se manifesta em três funções principais: interpretativa, supletiva e corretiva. Na função interpretativa, a boa-fé ajuda a esclarecer intenções e a resolver ambiguidades no contrato, substituindo o ponto de vista das partes por um modelo razoável de entendimento. Como função supletiva, cria deveres acessórios, como o dever de informar, colaborar e proteger os interesses da outra parte, aplicáveis também nas fases pré e pós-contratuais. Já a função corretiva atua para coibir abusos, controlar cláusulas abusivas e evitar o exercício excessivo de direitos, garantindo equilíbrio e justiça na relação contratual (Gomes, 2022).

Segundo Gomes (2022), no Brasil a boa-fé foi incorporada inicialmente de forma subjetiva, mas atualmente predomina sua concepção objetiva, consagrada em dispositivos do Código Civil⁷ e do Código de Defesa do Consumidor⁸. Portanto, é possível dizer que a aplicação desse princípio é universal em contratos, embora a exigência de diligência varie conforme o tipo de contratante, sendo maior no âmbito dos contratos empresariais, onde também devem ser observados os usos mercantis, desde que compatíveis com a boa-fé (Gomes, 2022).

Em seguida passa-se à breve noção do que seria o princípio do equilíbrio econômico do contrato. Também chamado de princípio do sinalagma, esse princípio busca assegurar que as prestações assumidas pelas partes mantenham uma equivalência razoável ao longo da relação

⁷ O Código Civil de 2022 reserva alguns artigos para citar a boa-fé em suas várias funções. Como exemplo podem ser citados os artigos 113, 422 e 187, em que o primeiro se refere à função interpretativa da boa-fé; o segundo da boa-fé enquanto fonte geradora de deveres; e o terceiro da boa-fé em sua função corretiva.

⁸ Orlando Gomes (2022) apontou que os arts. 4º, inciso III, e 51, inciso IV do Código do Consumidor são considerados os primeiros a consagrar definitivamente a noção da boa-fé objetiva no ordenamento jurídico brasileiro.

contratual (Gomes, 2022). No Código Civil, esse princípio se manifesta especialmente nas figuras da lesão (art. 157) e da revisão ou resolução por onerosidade excessiva superveniente (art. 478 e seguintes). Em ambas, o objetivo é proteger uma das partes contra situações em que a desproporção entre as obrigações decorra de um desequilíbrio relevante, seja ele inicial ou posterior à celebração do contrato (Gomes, 2022).

Esse princípio funciona, portanto, como um contraponto à força obrigatória do contrato – *pacta sunt servanda* – citada anteriormente, limitando-a quando há flagrante descompasso entre as prestações (Gomes, 2022). No sentido do que foi dito nos parágrafos acerca do princípio da força obrigatória, ao permitir a revisão ou até mesmo a extinção do contrato, o Direito busca restaurar a justiça contratual e impedir que obrigações se tornem excessivamente onerosas ou desproporcionais diante de circunstâncias imprevisíveis ou abusivas.

E, finalmente, o último dos princípios citados por Orlando Gomes como protagonistas na estrutura dos contratos: o princípio da função social. De acordo com Gomes (2022), esse princípio é uma inovação relevante trazida pelo Código Civil de 2002. Está previsto no artigo 421⁹ e qualificado como norma de ordem pública, conforme o parágrafo único do artigo 2.035¹⁰.

A noção de “função social” indica que os contratos não se limitam à satisfação de interesses individuais, mas também devem observar finalidades coletivas, submetendo o poder negocial a valores sociais mais amplos (Gomes, 2022). Nesse contexto, o contrato deixa de ser apenas um instrumento da autonomia privada e passa a servir como elemento de organização das relações econômicas e sociais. Orlando Gomes (2022), ao tratar do tema em “Novos Temas de Direito Civil”, explica que, com a maturação do capitalismo industrial, o contrato assumiu novo papel: deixou de ser mero meio de circulação de bens para tornar-se um verdadeiro criador de riqueza. Sendo assim, ele integra as engrenagens da empresa moderna, que depende de múltiplas relações contratuais – com empregados, fornecedores, distribuidores, financiadores – para atingir seus fins econômicos (Gomes, 2022). Essa centralidade do contrato nas dinâmicas produtivas modernas exige que ele também se preste à realização de interesses da coletividade, o que justifica a sua sujeição a princípios como o da função social (Gomes, 2022).

Orlando Gomes (2022) ressalta que, partir da promulgação do novo Código, duas correntes principais se formaram na doutrina sobre a extensão desse princípio. A primeira

⁹ A redação do Art. 421 do Código Civil de 2002 diz expressamente: “A liberdade contratual será exercida nos limites da função social do contrato.”

¹⁰ O parágrafo único do Art. 2.035 do Código Civil de 2002 diz o seguinte: “Nenhuma convenção prevalecerá se contrariar preceitos de ordem pública, tais como os estabelecidos por este Código para assegurar a função social da propriedade e dos contratos.”

defende uma aplicação mais restrita, vinculando a função social à proteção de interesses institucionais externos ao contrato, como o meio ambiente e a defesa da concorrência. A segunda corrente, por sua vez, adota uma perspectiva mais ampla, admitindo que o princípio também se aplique a situações que envolvem apenas as partes contratantes, especialmente quando há violação à dignidade da pessoa humana ou quando se frustra o fim último do contrato.

A I Jornada de Direito Civil, promovida pelo Conselho da Justiça Federal, reconheceu que a função social do contrato não elimina a autonomia da vontade, mas limita seu alcance diante de interesses metaindividuais e da dignidade humana (Gomes, 2022). Já a III Jornada complementou esse entendimento ao aprovar enunciado que considera a frustração do fim do contrato como hipótese de sua ineficácia, mesmo que não haja impossibilidade da prestação nem excessiva onerosidade (Gomes, 2022).

Essas situações foram ilustradas por exemplos clássicos da doutrina europeia, como os *coronation cases ingleses* – em que contratos de locação de sacadas para assistir à coroação do rei Eduardo VII perderam sua finalidade após o cancelamento do desfile – e o caso alemão do artesão que insistia em fabricar uma porta para uma igreja já destruída (Gomes, 2022). Nesses casos, ainda que a prestação em si fosse possível, o fim visado pelas partes se tornou inatingível, o que compromete a função social do contrato (Gomes, 2022).

Assim, o princípio atua como limite não apenas na formação, mas também na execução e manutenção do contrato, exigindo que ele continue útil, justo e conforme os valores sociais (Gomes, 2022). Nas palavras de Orlando Gomes (2022, p. 74): “a grande vantagem da explicitação legal da função social do contrato como limite à atividade privada não está tanto no momento inicial do contrato, e sim no momento posterior, relativo ao desenvolvimento da atividade privada”. Ou seja, a importância do princípio reside justamente em permitir a revisão ou extinção de contratos que, embora formalmente válidos, deixaram de atender aos interesses sociais ou à dignidade das partes, reafirmando o papel do Direito Civil contemporâneo como instrumento de equilíbrio entre liberdade e solidariedade.

Após esse destaque à luz de bases estruturais, funcionais e principiológicas do contrato tradicionalmente conhecido, passa-se à análise dos chamados *smart contracts*, a fim de verificar em que medida essas inovações tecnológicas dialogam, rompem ou se integram ao modelo jurídico consagrado. A reflexão sobre os contratos digitais exige considerar não apenas a adaptação formal dos elementos contratuais, mas também os impactos substanciais que as tecnologias disruptivas podem provocar na teoria geral dos contratos.

2.2 SMART CONTRACTS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS

Logo de início, é importante traçar a origem do termo *smart contract*. Nesse sentido, nota-se que a grande maioria dos autores atribuem a Nick Szabo, jurista e criptógrafo norte-americano, o título de pioneiro no assunto, o qual teria começado a desenvolver suas ideias ainda no início da década de 1990 em textos publicados em seu site pessoal¹¹. Tal fato, inclusive, é destacado por Orontes Pedro Antunes Mariani (2019, p. 14) ao observar que “Szabo produziu escritos sobre o assunto em seu site pessoal a partir do início da década de 1990”, o que ajuda a explicar a indefinição entre os autores quanto ao marco temporal exato de sua formulação.

Em uma de suas primeiras definições, de 1994, Szabo descreveu o *smart contract* como “um protocolo de transação computadorizada que executa os termos de um contrato” (Mariani, 2019, p. 15). O objetivo, segundo ele, seria o de satisfazer condições contratuais típicas – como pagamento, garantia, confidencialidade e cumprimento – reduzindo tanto a necessidade de terceiros confiáveis quanto os custos econômicos relacionados à fraude, à arbitragem e à execução contratual.

Já em 1996, Szabo reformulou sua definição ao afirmar que “um *smart contract* é um conjunto de promessas, especificadas em forma digital, incluindo os protocolos dentro dos quais as partes cumprem essas promessas” (Mariani, 2019, p. 15). Por fim, em 1997, no artigo *Formalizing and Securing Relationships on Public Networks*, ele desenvolveu um exemplo emblemático para ilustrar o conceito: a máquina de vendas automática. A referida máquina, ao identificar a inserção de moedas e liberar automaticamente um produto, seria considerada uma espécie de ancestral do contrato inteligente, por reunir os elementos de automatização e autoexecução (Mariani, 2019, p. 16).

A título de curiosidade histórica, Merighi (2023), citando Max Raskin, evidencia que a primeira ideia de uma máquina automática é apontada no ano de 215 a.C. pelo matemático grego Hero. O matemático detalhou uma máquina que dispensava água benta para uso nos templos egípcios que funcionava a partir da colocação de uma moeda, a qual fazia com que fosse acionada uma alavanca que abria uma válvula dispensando a água (Merighi, 2023).

Atualmente, o exemplo da máquina automática é recorrente na literatura sobre o tema, sendo utilizado para destacar a lógica condicional do tipo “se x, então y”, que está no cerne da funcionalidade dos *smart contracts*. Dessa forma, Cuccuru (2014, apud Mariani, 2019, p. 17)

¹¹ Mariani (2019) destacou diversos autores como referência à atribuição do termo a Szabo, como: CUCCURU, 2014; FILLIPI, WRIGHT, 2015 e 2018; TAPSCOTT, TAPSCOTT, 2016; WERBACH, CORNELL, 2017; MIK, 2017; e GIANCASPRO, 2017.

observa que tais contratos “grosseiramente seguem o esquema ‘se isso, então aquilo’, lembrando uma máquina digital independente de vendas”.

Contudo, o exemplo da máquina de vendas, embora didático, também gerou críticas. Mik (2017, apud Mariani, 2019, p. 17) pontua que, do ponto de vista jurídico, a máquina não é o contrato em si, mas sim um instrumento para sua execução. Mariani (2019) também ressalta que, embora a analogia seja útil, ela simplifica a complexidade da relação contratual, especialmente sob o ponto de vista normativo. Ainda assim, o uso da máquina como analogia reforça o caráter autônomo e programável que está na base da ideia concebida por Szabo.

Para além das definições de Szabo, é de grande valia analisar conceitos explorados posteriormente por outros autores, para que seja possível chegar a uma conclusão satisfatória que se enquadre melhor em uma análise jurídica. Nessa perspectiva, Jorge Feliu Rey (2019) bem destaca:

Formular uma definição de smart contract não é uma tarefa simples. Prova disso são as diferentes molduras propostas nos trabalhos escritos sobre a matéria e, ainda, a fuga percebida noutros tantos estudos. Mais ainda, sua complexidade é exacerbada pela diversidade de disciplinas que convergem no estudo desse fenômeno (p. ex. jurídica, matemática, informática). Assim, a depender da disciplina a partir da qual se trabalha, bem como da função primordial que deve cumprir ou a que é atribuída a essa figura, as definições e suas características variam (Rey, 2019, p. 98).

Com isso em evidência, Rey (2019) opta por buscar a definição de *smart contracts* a partir da separação de denominadores comuns em vários conceitos. Assim, ele poderia esclarecer conceitos chave e teria características suficientes para ter uma definição própria do termo.

Nesse sentido, ele separou as definições em alguns grupos: um primeiro grupo que deu enfoque no automatismo da execução sem intervenção humana, mas aludindo aos termos “contrato”, “acordo” ou “promessa”; outro grupo que também cita a questão contratual, mas que dá enfoque no código informático; outro que teria uma abordagem mais “genérica”, sem citar “contrato” ou “acordo”, definindo como “um simples programa informático que executa ordens predefinidas quando certas condições dentro do sistema são reunidas, prescindindo de uma autoridade intermediária” (Rey, 2019, p. 99); por fim, algumas definições também que já fazem referência à tecnologia blockchain, as quais definem *smart contracts* como “uma ferramenta de código computacional (scripts) armazenado em uma rede de blockchain e se executa de forma autônoma” (Rey, 2019, p. 99).

Diante disso, percebe-se a possibilidade de se extrair uma das primeiras características dos *smart contracts* que, conforme Rey (2019), representa um bom ponto de partida: eles são

escritos em uma linguagem de código ou máquina, não em linguagem humana, para que um dispositivo possa executar o código. Nesse contexto, Max Raskin (apud Merighi, 2023, p. 67) acrescenta que a automação é usualmente feita por computadores, por um primeiro componente que é denominado *contractware*, explicado como sendo a transmutação da linguagem de código para um software em uma máquina. Sendo assim:

Designa-se como *smart contract* tanto um contrato de opção de compra de ações cujo exercício se executa automaticamente quando determinado marco – prazo e (ou) valor de cotização – é identificado, como simples arquivos que gozam das qualidades de imutabilidade ou integridade do conteúdo, mas sem valor contratual em um sentido jurídico. Em todos eles, costuma coincidir um importante elemento de automatismo na execução de instruções (ou prestações) ou, ainda, na remediação da violação do que foi programado, entretanto, certamente, nem todas as situações que são amplamente descritas com esse termo respondem a um negócio jurídico autoexecutável (Rey, 2019, p. 99 – 100).

Ou seja, o cerne do *smart contract* é a capacidade de executar comandos de forma automatizada, sem a interferência de um terceiro. Isso faz com que, em uma análise primária, não se exclua a possibilidade dessa figura ter natureza contratual quando possuídas as características necessárias de cada ordenamento jurídico. No entanto, como será visto no próximo tópico, esse enquadramento possui nuances importantes.

Em sequência, cabe notar que, apesar da popularidade da expressão "contrato inteligente", a tradução literal de *smart contract* pode induzir o leitor a erro. Conforme destaca Szabo (1996), o termo "*smart*" não remete a qualquer capacidade cognitiva, mas à automação funcional do contrato. Mariani (2019, p. 20) reforça que se trata de uma referência à capacidade de executar cláusulas de forma autônoma, não havendo qualquer relação com inteligência artificial propriamente dita¹². Por essa razão, muitos autores preferem manter a expressão original, algo que também será feito neste trabalho.

No entanto, Talamini e Cardoso (2023, p. 48) já apontam para uma associação interessante, apesar de ainda rudimentar:

é possível associar à tecnologia dos smart contracts sistemas de inteligência artificial (*machine learning e deep learning*, por exemplo). A associação dessas tecnologias pode fazer com que os *smart contracts* tornem-se mais "inteligentes". Amplia-se a possibilidade de automação dos próprios comandos ou mesmo da verificação de condições que podem ser estabelecidas por meio de *smart contracts*. Mas ainda assim, pelo menos num horizonte temporal mais próximo, tais contratos associados a

¹² Szabo, em 1996, disse: "*I call these new contracts 'smart', because they are far more functional than their inanimate paper based ancestors. No use of artificial intelligence is implied*". Em tradução livre, pode ser assumido como: "Eu chamo esses contratos *smart* porque eles são muito mais funcionais do que seus ancestrais inanimados baseados em papel. Não há aplicação de inteligência artificial." (MARIANI, 2019, p. 19).

sistemas de inteligência artificial não serão utilizados em larga escala – até por conta das próprias limitações inerentes a essas tecnologias.

Sendo assim, resta entender que, pelo menos por ora, esse instrumento não é “inteligente” no sentido de possuir autonomia decisória. Como já foi exposto, ele funciona com base em lógica binária e instruções condicionais rígidas. Assim, sua “inteligência” está na automação da execução, e não na capacidade de interpretar ou adaptar-se a novos contextos (Talamine; Cardoso, 2023, p. 49).

Ainda nesse aspecto, Mariani (2019) realizou uma pesquisa para verificar o sentido da terminologia “*smart*”, a fim de que se pudesse inferir alguma contextualização com o *smart contract*. O resultado foi que a tradução de *smart* como inteligente poderia trazer confusões no sentido de dizer que a tecnologia contaria com alguma inteligência intrínseca. Todavia, ao analisar a literatura acerca do tema, como a que já foi exposta, o que se observa é o cumprimento autônomo das cláusulas contratuais e das consequências disso nos *smart contracts*, e não uma inteligência propriamente dita.

Distinguem-se, ainda, os *smart contracts* dos contratos eletrônicos tradicionais. Enquanto os últimos utilizam meios digitais para formalização, os *smart contracts* atuam também na execução das obrigações (Mariani, 2019). Nesse sentido, Werbach e Cornell (apud Mariani, 2019, p. 25) salientam que os contratos tradicionais digitais são passivos, ao passo que os *smart contracts* são ativos, pois executam automaticamente os termos pactuados. Mariani (2019, p. 25) os insere como um marco na evolução contratual digital, partindo do EDI (*Electronic Data Interchange*)¹³ até chegar à blockchain, sendo a Ethereum um exemplo paradigmático de aplicação. Ou seja, enquanto o EDI possui formato eletrônico, mas depende de execução humana, os *smart contracts* prescindem de humanos na execução.

Nos ensinamentos de Rebouças (2018, p. 33, apud Mariani, 2019, p. 26), “o contrato eletrônico deve ser conceituado como o negócio jurídico contratual realizado pela manifestação de vontade, das posições jurídicas ativa e passiva, expressada por meio (forma) eletrônico no momento de sua formação”. Isto é, um contrato eletrônico se daria quando a formação do contrato fosse eletrônica, mesmo que as demais formas do processo não fossem eletrônicas.

Mariani (2019), citando Rebouças (2018), também destaca uma distinção importante feita pelo autor. Segundo ele, as contratações eletrônicas assumem quatro formas: (i)

¹³ O intercâmbio eletrônico de dados (EDI) é a automatização da troca de documentos comerciais entre sistemas de diferentes organizações, como faturas e pedidos. Ele elimina a inserção manual de dados, reduz erros e acelera os fluxos de trabalho ao permitir a comunicação direta entre sistemas corporativos conectados em redes B2B (AMAZON WEB SERVICES, 2025).

contratações interpessoais, que ocorrem quando há interação entre sujeitos pelo meio eletrônico; (ii) contratações interativas, que ocorrem quando há interação entre sujeitos e plataformas; (iii) contratações intersistêmicas e (iv) os *smart contracts*. Nesse diapasão, Rebouças (2018, p. 52, apud Mariani, 2019, p. 26 - 27) descreve a contratação intersistêmica da seguinte maneira:

Contratações intersistêmicas (...) são realizadas operações de compra e venda, por exemplo, de forma automatizada entre um distribuidor e um produtor. Ou seja, são hipóteses em que houve uma prévia programação pelos representantes legais de cada uma das sociedades empresárias ou do próprio consumidor, no sentido de que ao realizar a venda de um produto para a outra parte, ou para o consumidor, o sistema irá automaticamente realizar a baixa de tal produto do estoque e, havendo necessidade, emitirá uma ordem automática de compra junto ao produtor para reposição dos níveis de estoque.

Nesses termos, Mariani (2019, p. 27), referenciando Werbach e Cornell (2017) e Filippi e Wright (2018), os quais citaram Surden, demonstra que em *smart contracts* esse processo de execução seria todo automatizado. Como exemplo, citou um contrato de operação financeira em que haveria a transferência do valor imobiliário à conta do comprador ao serem atingidas certas condições. Além disso, Mariani (2019), novamente citando Rebouças, afirma que a doutrina imputa esses contratos às relações empresariais, mas afirma que a disseminação de novas tecnologias vai expandir a atuação para as relações de consumo.

Em resumo, essa característica de automatização da execução dos *smart contracts* seria a chamada autoexecutoriedade (Talamine; Cardoso, 2023). Ela possibilita que “uma vez aferida a condição estabelecida, automaticamente se executa o comando previsto pelo código computacional, independentemente de intervenção humana – e sem que essa possa sequer obstar tal cumprimento” (Talamine; Cardoso, 2023, p. 52). Tal característica possui intrínseca ligação com a lógica binária do instrumento citada anteriormente, que faz com que ele execute uma ação a partir de uma condição ‘x’.

Nessa concepção, há quem defenda que somente podem ser chamados de *smart contracts* os contratos preordenados para serem inteiramente executados de modo automático, sem intervenção. A título de exemplo, “Kevin Werbach e Nicolas Cornell sustentam que o aspecto distintivo do *smart contract* não é tornar o cumprimento contratual mais fácil, mas sim fazê-lo inevitável” (Talamine; Cardoso, 2023, p. 53).

Portanto, levando o exposto em consideração, é possível dizer que a eficácia prática dos *smart contracts* está condicionada à natureza digital de seus objetos. Quando aplicados a obrigações puramente digitais, como transferências de criptomoedas ou acesso a plataformas,

funcionam com grande eficiência. No entanto, quando dependem de ações no mundo físico – como a entrega de um bem corpóreo –, sua execução pode demandar suporte jurídico convencional. Isso porque “de pouco adianta definir um *smart contract* que produza um determinado resultado diante da confirmação de uma condição se esse resultado não se traduzir em prestação efetiva para o credor da relação obrigacional (Talamine; Cardoso, 2023, p. 54).

Na prática, isso seria como no exemplo de Talamini e Cardoso (2023, p. 54):

Imagine-se determinado *smart contract* que defina que, verificado o transcurso de determinado tempo, será transferida a propriedade de um automóvel do sujeito A para o sujeito B. Nesse caso ainda que se verifique a condição e o contrato execute automaticamente a prestação, produzindo (no âmbito do sistema) a transferência do automóvel, essa somente se efetivará com a entrega do bem (e registro dessa transferência perante a autoridade competente). Se o sujeito A não entregar o bem, a previsão existente no *smart contract* não se perfectibiliza e o sujeito B deverá fazer valer pelos meios tradicionais a obrigação prevista no *smart contract*. Não se tem verdadeira autoexecutoriedade.

Em contrário, se no lugar de um automóvel fosse um ativo puramente digital, os autores descrevem o seguinte:

Por outro lado, se, ao invés de um automóvel, o *smart contract* tiver por objeto algum ativo puramente digital, como uma determinada quantidade de criptomoeda existente na plataforma em que o *smart contract* foi criado, uma vez verificada a condição temporal, o *smart contract* automaticamente transfere de A para B a titularidade desse ativo digital. Executa automaticamente a prestação obrigacional prevista e, com isso, há uma alteração efetiva na situação jurídica dos sujeitos da obrigação (Talamine; Cardoso, 2023, p. 54).

No último caso se teria o que os autores chamam de “autoexecutoriedade verdadeira”, algo que, segundo eles, não seria possível em todo e qualquer contrato, pois dependeriam da natureza e do objeto das obrigações estabelecidas. Portanto, “quanto mais físico, corpóreo, o resultado almejado, menor a chance de se engendrar, no contexto tecnológico vigente, um mecanismo autoexecutivo” (Talamine; Cardoso, 2023, p. 55).

Outra característica importante dos *smart contracts* é a impossibilidade de interrupção dos comandos. Conforme explicitam Talamini e Cardoso (2023), essa imutabilidade decorre da natureza do registro em blockchain ou em plataformas distribuídas (DLT – *Distributed Ledger Technologies*), dificultando alterações unilaterais. Esse ponto será destrinchado tecnicamente no tópico 3, ao relacionar a tecnologia blockchain e segurança jurídica. No entanto, é importante

destacar que essa característica suscita debates interessantes no âmbito jurisdicional, a final, quais erros podem advir na transcrição do código computacional e como solucioná-los?¹⁴

Outra característica que decorre da presença da blockchain é o registro permanente das obrigações e dos comandos executados. Esse registro imutável ocorre porque são produzidos em blocos que se relacionam tanto com os blocos anteriores como com os blocos posteriores. Ou seja, “por isso, não é viável produzir alterações em determinado bloco que tenha registrado um *smart contract*. Qualquer alteração nesse bloco repercutiria nos blocos posteriores e seria imediatamente identificada pelo sistema da plataforma, que impede que seja produzida” (Talamine; Cardoso, 2023, p. 58).

Ademais, a descentralização, que é outra característica dos *smart contracts* trazida pela blockchain, reforça esse registro, pois a alteração seria percebida por outros pontos do sistema e, portanto, seria rejeitada. Nesse sentido, destacam Talamine e Cardoso (2023, p. 58): “a distribuição do registro da plataforma em vários nós distribuídos em vários locais faz com que não seja possível a modificação dos registros de um bloco apenas no âmbito de determinado nó ou ponto da rede”.

Portanto, de forma mais clara e sucinta, além da linguagem e da autoexecutoriedade, elencam-se essas outras três importantes propriedades dos *smart contracts*: a impossibilidade de interrupção, a imutabilidade e a descentralização.

Finalmente, a última propriedade a ser citada é a de que os *smart contracts* necessitam ser alimentados com informações externas, sejam da plataforma blockchain ou do mundo físico. “A verificação das condições estabelecidas, como datas, determinada cotação internacional de um ativo ou a confirmação da ocorrência de uma circunstância podem ser “lidos” pelo código presente no *smart contract* de modo a desencadear as consequências nele estabelecidas” (Talamine; Cardoso, 2023, p. 58). Essa conexão com outras plataformas ou com o mundo físico é feita por pessoas, dispositivos, programas e códigos capazes de pegar essas informações e permitir o acesso ao *smart contract*. Nesse sentido, descreve Jorge Feliu Rey (2019, p. 109):

Imagine-se, por exemplo, que se conclua um *smart contract* com preço a ser determinado consoante o valor das ações de certa sociedade empresária em data futura ou conforme determinado índice. Tal informação deverá ser integrada ao *smart contract* para a execução automática das ações que foram programadas. Imaginemos um outro caso no qual a taxa paga mensalmente pelo uso do veículo durante um ano dependerá do tempo de uso efetivo. O *smart contract* necessitará obter essa informação para poder calcular a cota correspondente e levar a cabo o cobro. Essas

¹⁴ Um ótimo exemplo é o caso THE DAO, em que um hacker aproveitou de um bug no código para se apropriar de 50 milhões de dólares. O episódio foi matéria nos principais veículos de comunicação, como o New York Times. <https://www.nytimes.com/2016/06/18/business/dealbook/hacker-may-have-removed-more-than-50-million-from-experimental-cybercurrency-project.html>. Acesso em: 16.6.2025.

fontes de informação que fornecem dados a um *smart contract* são denominados oráculos. Como na antiguidade greco-romana, as pessoas costumavam recorrer a um lugar sagrado onde a divindade correspondente, por meio de um intermediário, transmitia um prognóstico ou previsão. Hodiernamente, no caso dos *smart contracts*, o dispositivo deverá recorrer a um terceiro que forneça a informação necessária para promover a execução das prestações.

Com isso, tem-se o último atributo dos *smart contracts* (dos que serão citados): a necessidade de oráculos, ou *oracles*. Como pode ser observado, são eles que ligam o sistema e as informações constantes no mundo fora da rede, tornando os *smart contracts* eficazes.

Conforme será visto posteriormente, essas propriedades, embora vantajosas, impõem limitações. A maior delas é a rigidez. Como os *smart contracts* operam em linguagem computacional, não são aptos a lidar com cláusulas abertas (Filippi; Wright, 2018, apud Talamine; Cardoso, 2023, p. 52). Mariani (2019, p. 23) observa que contratos que exigem constante adaptação ou revisão são mal compatíveis com a lógica automatizada, tornando a ferramenta inadequada para relações jurídicas mais complexas.

Além disso, no plano jurídico, questiona-se se os *smart contracts* configuram um novo tipo contratual ou apenas uma técnica de execução. Parte da doutrina, como Ronaldo Guaranha Merighi (2023), entende que eles devem ser compreendidos como pactos adjetos – cláusulas acessórias integradas a contratos tradicionais. Tal concepção preserva a base contratual clássica (vontade, objeto, forma) e reconhece a função técnica do *smart contract* como mecanismo de cumprimento.

A noção de Merighi traz luz à discussão acerca da formação desse possível contrato. Nesse contexto, a formação desses contratos pode ocorrer de duas formas: como instrumento autônomo (codificado desde o início) ou como parte de contratos híbridos – os *code-and-contract hybrids*, nos quais as cláusulas são redigidas em linguagem natural e posteriormente convertidas em código para execução automatizada (Costa, 2020, p. 488). Essa segunda modalidade é mais comum, principalmente em negócios que envolvem múltiplas etapas e obrigações distintas. Nota-se também que os contratos híbridos parecem ser uma boa opção para solucionar problemas relacionados a diferenças de linguagem ou de adequações mais complexas.

Apesar de tudo, atualmente, os *smart contracts* são tidos como códigos computacionais registrados em plataformas blockchain ou outras tecnologias de registro distribuído (DLT – Distributed Ledger Technology), que executam automaticamente comandos previstos quando determinadas condições são satisfeitas (Talamine; Cardoso, 2023, p. 47). O Tribunal de Contas da União os define como “código-fonte em linguagem de programação (scripts), que podem ser

definidos e autoexecutados em uma infraestrutura de blockchain ou DLT [...] sem a necessidade de intermediários” (TCU, Acórdão nº 1613/2020).

Mesmo com essas definições, e a fim de finalizar essa análise inicial, recorre-se a Jorge Feliu Rey (2019, p. 107) para definir *smart contracts* de forma a contemplar o máximo das características do termo:

Dada a ampla e variada fenomenologia observada na prática, pode-se entender a figura do *smart contract* como uma forma de articular um processo contratual, de facilitar o desenvolvimento e a conclusão do contrato ou das possíveis consequências que derivam do não cumprimento daquele. De modo que, não só adota uma forma especial de acordo, a eletrônica ou digital, senão que também, graças à linguagem utilizada, permite com que as fases, a depender do caso, de concreção e cumprimento das obrigações se realizem de forma automática, integral ou parcialmente, sem intervenção humana.

Nota-se, portanto, que os *smart contracts* representam uma inovação relevante na forma de cumprir obrigações contratuais. São ferramentas tecnológicas promissoras, mas que possuem questões que merecem atenção, sobretudo quando se pretende enquadrá-las como formas ou tipos contratuais. Desse modo, é necessário um olhar técnico a partir dos conceitos e características já concebidos de contratos convencionais – aqui chamados de tradicionais – para, então, chegar-se a uma conclusão acerca dos *smart contracts* enquanto figura contratual.

Em razão disso, no tópico seguinte, será feita uma análise comparativa entre os contratos tradicionais e os *smart contracts*, a fim de destacar as convergências, rupturas e possibilidades de integração entre os dois modelos.

2.3 DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS ENTRE CONTRATOS TRADICIONAIS E *SMART CONTRACTS*

A partir da consolidação dos conceitos fundamentais dos *smart contracts*, torna-se possível traçar uma análise comparativa entre eles e os contratos tradicionais, com atenção especial às estruturas formais, fundamentos normativos e efeitos práticos. Embora ambos tenham por finalidade o estabelecimento de vínculos obrigacionais, a forma de constituição, execução e os valores que os sustentam divergem significativamente.

Primeiramente, a questão que se coloca em destaque diz respeito a saber se, a partir da teoria geral dos contratos, esse instrumento seria ou não um contrato. Esse debate se torna mais latente em razão da palavra “*contracts*” no nome do instrumento, que em uma tradução direta significa ‘contrato’. Nota-se que esse debate terminológico também ocorreu com a palavra

“*smart*” no tópico anterior. Portanto, a análise acerca desse enquadramento é bastante pertinente. Nessa perspectiva, escreve Jorge Feliu Rey (2019, p. 100):

Um dos problemas encontrados nas definições de *smart contract* é o uso genérico do termo contrato, certamente provocado pela composição do termo utilizado para descrever uma figura que tem, sem dúvida, uma clara projeção tecnológica: “um contrato inteligente”. Por essa razão, a primeira pergunta inevitável para introduzir o estudo jurídico da figura, imposta pela obviedade da terminologia, é se o *smart contract* é, de fato, um contrato ou se sua denominação tão evidente e presunção generalizada de sua natureza contratual correspondem, simplesmente, ao uso genérico e não técnico cunhado nos estudos mais difundidos para descrever um fenômeno sem atender às conotações jurídicas de tal designação.

Como apontado anteriormente (tópico 2.1), o legislador brasileiro optou por não estabelecer uma definição expressa de contrato, mas a doutrina se incumbiu de fazer alguns enquadramentos. Dentre eles, foram mostrados neste trabalho alguns importantes: bilateralidade, patrimonialidade e obrigatoriedade; os planos da Escada Ponteanana; e os princípios que regem os contratos. Apesar disso, para fins de conceituação, a definição de grande parte da doutrina segue a lógica de um “ato jurídico bilateral, dependente de pelo menos duas declarações de vontade, cujo objetivo é a criação, a alteração ou até mesmo a extinção de direitos e deveres de conteúdo patrimonial” (Tartuce, 2025, p. 1).

Dessa forma, “ainda que esta primeira afirmação possa parecer óbvia e circular, é indispensável concluir que, se o *smart contract* contém os requisitos legais apropriados, haverá um contrato, caso contrário, terá qualificação diversa” (Rey, 2019, p. 101). Com isso, assumir que *smart contracts* seriam contratos apenas por sua nomenclatura é incorreto, assim como é errado propor que somente será considerado *smart contract* aquele negócio jurídico que possuir os requisitos de um contrato (Rey, 2019).

Ademais, Merighi (2023) reforça que os *smart contracts* parecem ser parte dos negócios jurídicos plurilaterais, sobretudo por conta da existência dos computadores, relativos à DLT (*Distributed Ledger Technology*) e dos oráculos. Ele demonstra que “exsurge nítida a autorregulação de interesses: de quem quer comprar o café da máquina e de quem a explora; do locador do veículo ou do apartamento (com o travamento automático do motor ou da fechadura) e do locatário, e assim por diante” (Merighi, 2023, p. 70).

Com isso posto em evidência, Jorge Feliu Rey (2019) aponta que quando um *smart contract* for um contrato não será um tipo específico de contrato, como um contrato de locação ou de compra e venda, e que sua caracterização como típico ou atípico dependerá do conteúdo das prestações. Além disso, o autor afirma que o *smart contract* precisará assumir uma forma

determinada e estar lavrado em uma linguagem específica para que se obtenha determinados efeitos.

Nesse sentido, a primeira diferença substancial observada diz respeito à linguagem. Os contratos tradicionais se apoiam na linguagem natural, na interpretação contextual e na intervenção judicial quando necessário. Os *smart contracts*, por sua vez, operam em linguagem computacional, são autoexecutáveis e tendem a excluir intermediários, de modo que não conseguiriam esses efeitos sem a linguagem código. Como exemplo, volta-se a Rey (2019, p. 102) para explicitar o fundamento da linguagem:

Nesse sentido, deve-se advertir que, no estado atual da tecnologia, o dispositivo, na realidade, não entende conceitos, senão que executa instruções tal como estão programadas. Isto é, quando pressionada a tecla de impressão, para imprimir um documento, o dispositivo não entende o conceito de impressão nem a ordem, executa simplesmente um protocolo que atinge a finalidade desejada, qual seja, a obtenção em suporte de papel de um conteúdo que estava em suporte digital. Outro exemplo, algo mais sofisticado, seria o caso de um carro autônomo diante do qual uma bola é cruzada. Com segurança, o veículo irá parar ou desacelerar ante a identificação de um obstáculo, porque assim foi programado antes, mas dificilmente, no estado atual da técnica, será capaz por si só de intuir que, atrás da bola, possa aparecer um menino correndo tentando recuperá-la.

Merighi (2023) destaca que a perspectiva da linguagem conversa com o terceiro plano da Escala Pontean, isto é, o da eficácia dos contratos. De acordo com o autor, sem a conversão do avençado pelas partes para uma forma programável, a execução de um contrato, sendo este *smart contract*, não se dará de forma automatizada, perdendo uma de suas principais funções.

De forma exemplificativa, o autor narra o cenário em que, em uma locação de veículo, o locatário tenha efetivado um contrato escrito que dispunha uma cláusula que expressamente impossibilitaria ele de ligar o carro em caso de inadimplemento. Nesse cenário, Merighi diz que se a cláusula em questão não for transpassada para uma linguagem de código executável poderiam haver as seguintes consequências: “a) continuará existindo um contrato válido; b) haverá mora; c) não haverá a autoexecutoriedade do direito do locador em obstar o funcionamento do veículo depois do inadimplemento” (Merighi, 2023, p. 71).

Dado o problema em questão, talvez a conclusão imediata seria pensar na inexistência de um *smart contract*. No entanto, sob um viés jurídico, Merighi (2023) entende fazer mais sentido considerar a existência de um pacto adjeto ou acessório no lugar de puramente um contrato. Nesse sentido, o autor reforça que considerar os *smart contracts* como pactos adjetos

facilitaria tanto na formação dos contratos¹⁵ como no entendimento de que o contrato só se formaria a partir do início da execução dos códigos¹⁶. Portanto, nas palavras dele:

Daí decorre a nossa sugestão de que o *smart contract* seja visto como parte de um contrato e não propriamente como o contrato. Definiríamos, pois, a cláusula de *smart contract*, em primeiras linhas, como o pacto adjeto inserto em um contrato que, por intermédio de protocolos informáticos, permite a um dispositivo, por si mesmo, dar cumprimento ao avençado pelas partes (Merighi, 2023, p. 73).

Essa integração é visível nos chamados contratos híbridos, nos quais parte da negociação é realizada por linguagem natural e outra parte programada para execução automática. Esses modelos conciliam a segurança técnica da automação com a flexibilidade da interpretação jurídica, e vêm sendo considerados mais adequados a contextos complexos, como contratos empresariais ou financeiros com múltiplas etapas (Costa, 2020, p. 488). Nesse sentido, Costa destaca o seguinte:

No atual status quo de desenvolvimento tecnológico, uma das soluções que tem sido avançada perante estes contratos de maior complexidade é a de verter o conteúdo do acordo negocial em dois suportes distintos: um assente em linguagem natural, no qual se incluem cláusulas dotadas de maior abertura e flexibilidade, como *boa-fé*, *best efforts*, *hardship*, entre outras; e um segundo, correspondente ao *decentralized smart contract*, onde são incluídas as cláusulas de excecutoriedade mais rígidas. A este modo de celebração dos *smart contracts* é dado o nome de *code-and-contract hybrids* (COSTA, 2020, p. 488).

Cabe notar que essa abordagem dos contratos híbridos representa uma forma de mitigar problemas relacionados a dificuldade de inserção desses contratos em relações de consumo, por exemplo. Isso porque, com esse modelo, é mais viável a conversa com os princípios contratuais e com questões que envolvam dificuldade de interpretação em razão da linguagem computacional.

A partir dessa discussão, é possível adentrar nas questões referentes a como os *smart contracts* interagem com os princípios contratuais elencados no tópico 2.1.3, sobretudo a função social do contrato e a *boa-fé* objetiva, os quais representam princípios de caráter mais social e

¹⁵ Parte da doutrina considera que tratar o *smart contract* como sendo o próprio contrato faria com que fosse necessárias duas contratações para que se exerça a autoexcecutoriedade. No entanto, conforme aponta Merighi (2023, p. 72) “A solução não atende à velocidade e à ubiquidade do mundo pós-moderno, características, aliás, sublinhadas por Erik JAYME, relativas ao nosso tempo e inviabilizaria a contratação automatizada, ou pela Internet”.

¹⁶ Existe um entendimento que diz que a formação do *smart contract* somente se daria a partir da execução do código. “Mal comparando, seria como considerar, em termos de formação do contrato, o início da execução dos códigos à entrega da coisa nos contratos reais” (Merighi, 2023, p. 73).

aberto. Nesse sentido, Merighi (2023, p. 76) comenta sobre a importância desse paralelo para o enquadramento da tipologia contratual no ordenamento jurídico brasileiro:

Considerando as finalidades constitucionais do contrato, quais sejam, a de circulação de riquezas, valorização do trabalho, erradicação da pobreza e diminuição das desigualdades sociais, faz-se um juízo de merecimento acerca do fenômeno a fim de verificar se ele é digno de proteção jurídica. Em caso de ser valorado positivamente será ele normatizado. Sendo, ao contrário, um fenômeno nocivo à sociedade a valoração será negativa e a normatização será restritiva ou impeditiva.

No modelo tradicional, os princípios contratuais atuam como balizas interpretativas e normativas da conduta das partes. A boa-fé objetiva, por exemplo, transcende a mera intenção subjetiva e impõe deveres anexos de lealdade, cooperação e informação mútua ao longo da relação contratual. Já a função social do contrato exige que a avença produza efeitos que respeitem interesses coletivos e a ordem pública, não se limitando à esfera privada das partes (Merighi, 2023).

Nesse aspecto, com relação à boa-fé objetiva, Merighi (2023) elenca a função integrativa como a que mais possui relevo na análise dos *smart contracts*. Com isso, impõe-se o dever de “[...] cooperar com a contraparte, em vista de alcançar o adimplemento, fim justificador do contrato; atuar com a lealdade exigível a uma pessoa proba [...]” (Martins-Costa, 2018, apud Merighi, 2023, p. 79). Merighi, citando Martins-Costa, também aponta que há o dever de informar com completude para viabilizar um consentimento informado à proposição negocial. Ou seja, “os deveres informativos, impostos pela boa-fé, hão de ser observados no âmbito contratual, desde a fase pré-contratual, como também durante todo o iter de desenvolvimento e cumprimento das obrigações contratuais, até a fase pós-contratual” (Merighi, 2023, p. 80).

Isso posto, Merighi (2023) evidencia dois âmbitos em que os *smart contracts* podem se fazer presentes: relações consumeristas e relações empresariais. Nas primeiras, ele aponta a importância de uma boa transmissão de informações, de modo que seja perceptível ao consumidor, do contrário estaria ferindo a boa-fé objetiva. Com relação às relações empresariais, o autor reforça que o dever informacional persiste, sobretudo em contratações digitais, visto que a informação deve ser acompanhada de alertas claros e perceptíveis.

Além disso, Merighi (2023) afirma que, dentre os alertas, é necessário que seja informado que o contrato será realizado todo ou parcialmente por um *smart contract*. Outro alerta importante destacado é o de que essa modalidade excluirá ou dificultará bastante a possibilidade de serem obstados os comandos programados, mesmo que de forma judicial. Ou seja, “em outras palavras, o contratante forte há de informar ao fraco os riscos que aquele tipo

de contratação pode trazer, de modo a fazer com que ele tenha uma manifestação mais refletida acerca de sua aderência ou aceitação à avença com *smart contract* (Merighi, 2023, p. 84).

Nesse sentido, Merighi (2023, p. 85) conclui o seguinte:

Para tanto, não será possível que todo o contrato seja redigido apenas em linguagem codificada, ininteligível, à evidência, pelas pessoas comuns. Não se enxergam grandes dificuldades para que isso seja feito, quer seja por mensagens escritas, de modo destacado, por alertas verbais (em contratos telefônicos) ou mesmo por alertas afixados nas máquinas automáticas (por exemplo, de que, uma vez inserido o dinheiro, ou digitada a senha do cartão, a operação tornar-se-ia irreversível). Uma das sugestões de Jorge RAY seria “[...] o uso de interfaces para a contratação eletrônica que serão desenhadas por sociedades empresárias de modo a permitir às pessoas que querem com elas contratar, utilizá-las de modo a delinear seus anseios em linguagem natural [...].”

Ou seja, o autor não vê óbice em enquadrar os *smart contracts* dentro da lógica da boa-fé objetiva desde que supridos os requisitos citados acima. Essa afirmação corrobora com a ideia de que os *smart contracts* funcionam melhor quando participam de uma etapa do processo contratual, e não quando são puramente o contrato. Isso porque, enquanto parte do contrato, é mais fácil de flexibilizar justamente aquilo que seria engessado por uma relação feita puramente em *smart contract*.

No que concerne ao princípio da função social, Merighi (2023, p.76) cita Perlingieri para dizer que uma análise que observe esse princípio deve ser considerada no contexto funcional do fenômeno – ou seja, “para que serve?”. Com isso, o autor evidencia que “os *smarts contracts* foram implementados com a finalidade declarada de reduzir os custos e os riscos de inadimplemento contratual” (Merighi, 2023, p. 76). Além disso, ele afirma que, no Brasil, poderia somar essa questão à morosidade e efetividade das medidas que existem para coibir o descumprimento das obrigações.

Nesse sentido, agilidade e rapidez normalmente não andam de mãos dadas com segurança, o que gera perguntas importantes sobre a adequação da função social. Merighi (2023, p. 77) expõe como exemplo a seguinte situação:

É claro que quando o *smart contract* autoexecuta uma ordem para a “[...] desativação do dispositivo de arranque ou de transmissão de marcha do veículo locado diante da ausência de pagamento do aluguel por parte do locatário [...]” a linguagem de código não será capaz de interpretar nuances que possam ter ocorrido no caso concreto. Por exemplo, esse locatário pode ter feito um pagamento menor do que o pactuado por ter recebido um veículo também de qualidade inferior à contratada na plataforma de locação (exercendo ele mesmo uma exceção de *non rite adimpleti contractus*)

Em razão dessa dificuldade de adequação da autoexecutoriedade dos *smart contracts* ao princípio da função social, autores como Antonio Carlos Efig e Adrielly Pinho Santos concluem pela desconformidade dessa figura com o princípio, de modo que, dado o ordenamento jurídico brasileiro, não restaria alternativa a não ser vedar sua utilização (Merighi, 2023). Contudo, Merighi (2023, p. 78) faz um ótimo resumo sobre esse debate:

Ocorre que o fato social decorrente do progresso tecnológico está entre nós e não nos parece nem possível e nem razoável pretender a sua exclusão. A facilitação da circulação de riquezas, a redução de custos de contratação, a democratização do acesso a determinados produtos e serviços parecem servir, a uma mão, à função social do contrato. Por outra, não há, nos problemas apontados, nocividade tão grande a ponto de excluir os *smarts contracts* do guarda-chuva protetivo/regulador de nosso Direito Privado. Não há neles nada que não possa ser razoavelmente contornado com a correta compreensão da sua estrutura e a estreita aplicação de um standard de comportamento adequado, preconizado pela boa-fé objetiva.

Ou seja, é preciso que o direito encontre maneiras satisfatórias de acompanhar os processos tecnológicos, de modo que não impeça avanços e nem fira direitos – e princípios – fundamentais. Portanto, conforme evidenciado, é imprescindível que haja uma conversa entre os princípios sociais da função social e da boa-fé objetiva ao serem aplicados os *smart contracts*.

Apesar desse diálogo envolvendo os princípios mais sociais, com relação aos princípios da força obrigatória e da autonomia da vontade, os *smart contracts* possuem visível compatibilização. O *pacta sunt servanda* (princípio da obrigatoriedade contratual citado no tópico 2.1) encontra eco na própria natureza dos *smart contracts*: a execução imutável e automática do que foi programado representa, em última instância, uma forma radical de cumprimento obrigatório. Do mesmo modo, a autonomia da vontade é preservada na medida em que as partes têm liberdade para definir previamente, no código, os termos do acordo (Mariani, 2019).

Entretanto, essa liberdade deve ser problematizada. Como já foi evidenciado, a autonomia da vontade, em sua versão moderna, não é absoluta. Ela deve ser equilibrada com o respeito à função social e à boa-fé. Nos *smart contracts*, há risco de uma autonomia "hipertrofiada", em que o contrato se autoexecuta mesmo que produza efeitos desproporcionais ou injustos, sem a possibilidade de revisão judicial (Mariani, 2019). Isso contraria o espírito de equilíbrio que permeia o Direito Contratual contemporâneo, o que, novamente, traz à tona a importância de haver uma conversa entre os princípios.

Em conclusão às questões principiológicas, o equilíbrio econômico do contrato, entendido como distribuição razoável de riscos e prestações entre as partes, é outro princípio

que encontra dificuldades de salvaguarda em um ambiente automatizado. O código, uma vez ativado, executa cláusulas sem considerar circunstâncias excepcionais, como variações abruptas de mercado, catástrofes naturais ou crises econômicas. A falta de elasticidade pode tornar o contrato injusto ou inviável, especialmente em relações de consumo ou em contratos de longa duração (Merighi, 2023). Apesar disso, como já mencionado, essa rigidez pode ser contornada, por exemplo, com a figura do contrato híbrido.

Além disso, nota-se que essas tensões estão na base do debate sobre o paradigma "*code is law*", formulado por Lawrence Lessig. Essa tese afirma que, em ambientes digitais, o código fonte de sistemas se comporta como norma: define comportamentos possíveis e impede condutas indesejadas. No caso dos *smart contracts*, o código cumpre simultaneamente as funções de normatização e execução, dispensando a intermediação de instituições jurídicas formais (Mariani, 2019, p. 35).

A partir dessa lógica, emerge o conceito de *lex cryptographica*, desenvolvido por Filippi e Wright (2018), que descreve a substituição parcial da *rule of law* pela *rule of code*. Segundo os autores, em redes blockchain, o cumprimento das regras é assegurado não pela coerção legal, mas pela arquitetura do sistema, o que promove uma forma alternativa de governança automatizada (apud Mariani, 2019, p. 36).

Conforme já explicitado no tópico 2.1.2, a teoria da Escada Pontean, formulada por Pontes de Miranda e amplamente recepcionada pela doutrina brasileira, propõe uma classificação analítica dos planos do negócio jurídico: existência, validade e eficácia. Essa estrutura tem servido de base para avaliar juridicamente os contratos em suas diversas manifestações.

Ao aplicar essa lógica aos *smart contracts*, percebe-se que, embora sua estrutura tecnológica ofereça novos desafios, ela não os isenta da observância dos requisitos tradicionais para que se constitua um negócio jurídico pleno. Como destaca Mariani (2019, p. 40), “para entrar no mundo jurídico, o negócio há de cumprir determinados requisitos impostos pela lei, e não há referência específica à forma de cumprimento – exceto, evidentemente, se o cumprimento estiver relacionado à existência, validade ou eficácia”.

Nessa perspectiva, no plano da existência, exige-se que o contrato contenha os elementos mínimos para ser considerado como tal: agente, objeto, manifestação de vontade e forma. Em um *smart contract*, o agente é representado pela parte que insere ou autoriza a inserção do código no ambiente blockchain, geralmente por meio de uma interface gráfica. O objeto, por sua vez, deve ser lícito, possível e determinado ou determinável (Mariani, 2019, p.

39). No âmbito digital, isso inclui ativos tokenizados, fluxos de pagamento e condições programáveis.

Ademais, a vontade se manifesta na aceitação dos termos codificados, o que poderia levantar um primeiro desafio: como assegurar que a parte compreendeu integralmente o conteúdo técnico e jurídico daquele código? Essa questão já foi suscitada e respondida acima¹⁷, mas segue relevante quando se fala em manifestação de vontade. A forma, por fim, segue o princípio da liberdade formal, desde que não haja exigência legal específica. O artigo 107 do Código Civil brasileiro¹⁸ confirma que a validade da declaração de vontade não depende de forma especial, salvo quando a lei expressamente o exigir (Brasil, 2002).

Passando ao plano da validade, a análise se volta para a idoneidade jurídica dos elementos constitutivos do contrato: capacidade das partes, consentimento livre de vícios, licitude do objeto e adequação da forma. Mariani (2019, p. 40) observa que o *smart contract*, apesar de sua expressão em código, é uma modalidade de contratação eletrônica mista. Dessa forma, não haveria óbice para a validade desse tipo de fenômeno contratual.

O consentimento, por sua vez, suscita debates importantes: é possível falar em consentimento livre e esclarecido quando a linguagem contratual é um código que apenas desenvolvedores compreendem plenamente? A doutrina tem alertado para essa assimetria de informação, especialmente em contextos de contratação massificada (Merighi, 2023, p. 73). Por esse motivo, há um reforço na ideia de divulgação das informações, sobretudo em relações consumeristas.

Por fim, no plano da eficácia, avaliam-se os efeitos práticos do contrato: produção de direitos, obrigações e consequências jurídicas entre as partes. Um contrato pode existir e ser válido, mas carecer de eficácia por razões contextuais, como o descumprimento de uma condição suspensiva. No universo dos *smart contracts*, a eficácia está profundamente vinculada à lógica condicional programada no código. Assim, se as condições pré-definidas são satisfeitas, o contrato executa suas cláusulas automaticamente. Isso, por um lado, assegura alto grau de previsibilidade; por outro, elimina margens para negociação posterior ou flexibilidade na execução. Como observam Werbach e Cornell (2017, p. 15, apud Mariani, 2019, p. 38), essa característica representa uma transformação no *enforcement*¹⁹: não se trata mais de executar o

¹⁷ Novamente levanta-se a questão dos contratos híbridos ou de considerar os *smart contracts* como uma cláusula de um contrato (ou um pacto adjeto).

¹⁸ Art. 107. A validade da declaração de vontade não dependerá de forma especial, senão quando a lei expressamente a exigir.

¹⁹ A palavra *enforcement* está ligada à ideia de execução.

contrato via judiciário, mas de viabilizar sua performance direta por meio do sistema computacional.

Contudo, a eficácia jurídica plena dos *smart contracts* depende também de fatores extratecnológicos. A transferência de propriedade de bens físicos, como já foi citado, requer o cumprimento de formalidades legais que não se realizam apenas com a execução digital (Mariani, 2019, p. 38). Além disso, a possibilidade de o contrato produzir efeitos contra terceiros (eficácia externa) continua sujeita a limitações legais, como registros públicos e exigências específicas de forma. Assim, ainda que eficaz tecnicamente, o contrato pode não surtir todos os efeitos jurídicos desejados sem o complemento de práticas jurídicas tradicionais.

Dessa forma, a teoria da Escada Ponteaniana permanece atual e aplicável, mesmo frente às inovações tecnológicas. Como conclui Mariani (2019, p. 40), os *smart contracts* não escapam à dogmática do negócio jurídico, mas exigem que se reinterpretem os seus pressupostos à luz das novas formas de manifestação de vontade, execução e controle. Cabe à doutrina e à jurisprudência desenvolver critérios que garantam segurança jurídica sem renunciar à inovação.

No plano da execução, o contraste torna-se ainda mais evidente. Os contratos tradicionais pressupõem o cumprimento voluntário e, diante do inadimplemento, acionam o aparato judicial para reparação. Já os *smart contracts* incorporam a lógica do "cumprimento inevitável", em que a própria infraestrutura tecnológica executa automaticamente os comandos previamente estipulados, sem espaço para revisão contextual (Werbach; Cornell apud Mariani, 2019, p. 39).

Esse modelo de execução se aproxima da noção de *enforcement embutido*, segundo a qual o código se confunde com a própria norma e também com seu mecanismo de execução. Filippi e Wright (2018) observam que, uma vez iniciado, o contrato é executado sem possibilidade de revisão a não ser por meio da reprogramação do código. Mik (2018) adverte que isso compromete a distinção entre *performance* e *enforcement*²⁰, já que a ausência de possibilidade de mediação jurídica compromete a aplicação de princípios como razoabilidade e justiça contratual (Mik apud Mariani, 2019, p. 39).

Dessa forma, a análise comparativa entre contratos tradicionais e *smart contracts* demonstra que, embora compartilhem elementos estruturais, suas diferenças operacionais e normativas são expressivas. De um lado, os contratos tradicionais oferecem flexibilidade

²⁰ Nesse ponto Mariani (2019, p. 39) aponta que a autora Mik afirma que “*enforcement*” – execução – seria enganador porque se confundiria com “*performance*” – garantia de cumprimento – na medida em que qualquer contrato já seria executável por si só, portanto, já possuindo o *enforcement*. Nesse sentido, nos *smart contracts* você equipararia esses dois conceitos, tendo a garantia do cumprimento e a execução de forma automática. De acordo com Mik, isso faz com que esses conceitos colapsem.

interpretativa, integração plena aos princípios contratuais e maior proteção institucional; de outro, os *smart contracts* se destacam por sua automação, possível redução de custos de transação e alta previsibilidade na execução.

Entretanto, os limites dos *smart contracts* em lidar com valores jurídicos abertos – como boa-fé, função social e equilíbrio – e com circunstâncias imprevisíveis, revelam que sua aplicação como modelo único não é, ao menos por ora, desejável. A tentativa de substituir completamente o modelo contratual clássico pela lógica automatizada pode comprometer garantias fundamentais e gerar assimetrias difíceis de resolver.

Nesse cenário, a proposta de uma contratação híbrida parece ser mais adequada. Essa modalidade combina a robustez técnica e a eficiência da ferramenta com a flexibilidade interpretativa e a densidade valorativa dos contratos tradicionais. Como observa Mariani (2019, p. 40), os *smart contracts* não devem ser vistos como substitutos, mas como complementos que integram uma nova etapa da contratação eletrônica mista. Trata-se, portanto, de uma coexistência funcional, em que o código executa o que for automatizável, enquanto o Direito garante a regulação daquilo que exige ponderação humana.

Essa via híbrida possibilita o aproveitamento dos benefícios tecnológicos sem abdicar dos princípios que estruturam o Direito Contratual. Com isso, promove-se um equilíbrio entre inovação e segurança jurídica, entre eficiência e justiça, consolidando uma abordagem compatível com os desafios e possibilidades da era digital.

Com esse debate em mente, encerra-se o primeiro capítulo, oferecendo os fundamentos teóricos e técnicos que permitirão, nos capítulos seguintes, explorar a utilidade prática dos *smart contracts* e seu enquadramento normativo à luz da Análise Econômica do Direito.

3 UTILIZAÇÃO DA BLOCKCHAIN NOS SMART CONTRACTS COMO ELEMENTO DE SEGURANÇA JURÍDICA

3.1 BLOCKCHAIN: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Inicialmente, a compreensão da tecnologia blockchain exige uma análise de sua evolução histórica no contexto dos sistemas de transmissão digital de dados. Conforme expõe Mariani (2019), os *smart contracts* são resultado de um processo progressivo de automação contratual iniciado na década de 1970 com o desenvolvimento do *Electronic Data Interchange* (EDI). Esse sistema permitia que grandes corporações trocassem documentos comerciais

eletrônicos com padronização e segurança, reduzindo custos operacionais e erros humanos (Filippi; Wright apud Mariani, 2019, p. 25).

Apesar da inovação, o EDI ainda dependia da supervisão humana em diversas fases, o que o tornava uma forma de contratação eletrônica “em forma, mas não em substância” (Werbach; Cornell apud Mariani, 2019, p. 25). Com a difusão da internet comercial na década de 1990, o EDI evoluiu para permitir contratações digitais mais acessíveis, ainda que o controle e a execução continuassem centralizados em instituições humanas.

A partir da década de 2000, a emergência de sistemas *peer-to-peer* e plataformas descentralizadas impulsionou a busca por novos modelos de validação e execução contratual. Esse processo culminou, em 2008, na publicação do artigo “Bitcoin: a Peer-to-Peer Electronic Cash System”, assinado sob o pseudônimo de Satoshi Nakamoto. O autor propôs um sistema baseado em rede distribuída e criptografia, capaz de resolver o chamado “*double-spending problem*” – a possibilidade de um mesmo ativo digital ser usado mais de uma vez (Nakamoto, 2008).

Em seu artigo, Nakamoto (2008, p. 1) comenta que o comércio digital dependia quase que inteiramente de instituições para os pagamentos eletrônicos, os chamados *third parties* (terceiros) que atuam como uma parte confiável na transação. Com isso, Nakamoto buscou a criação de um mecanismo que permitisse que as partes pudessem transacionar sem que dependessem dessa parte confiável. Assim, ele pensou em um mecanismo que aliasse criptografia e distribuição do banco de dados por uma rede ponto-a-ponto.

Nesse sentido, o elemento central da proposta de Nakamoto foi a blockchain: um banco de dados público, distribuído e imutável, mantido por uma rede de computadores (nós), no qual todas as transações realizadas são registradas em blocos conectados cronologicamente por meio de códigos criptográficos chamados *hashes*²¹. Cada bloco inclui um conjunto de transações, seu próprio *hash* e a referência ao *hash* do bloco anterior, formando uma cadeia que impede alterações retroativas (Ulrich, 2014, apud Mariani, 2019, p. 30).

Além disso, cabe dizer que a blockchain é espécie do gênero *distributed ledger*²², que é a tecnologia responsável pelas bases de dados distribuídas em que o “controle sobre a evolução dos dados é distribuída entre diversos entes” (Lewis, 2016, apud Cardoso, 2022, p. 23). Todavia,

²¹ Um *hash* é uma impressão digital única que ajuda a verificar que uma informação não foi alterada, sem a necessidade de realmente ver isso. (Mougayer apud Mariani, 2019, p. 32)

²² Em outras palavras, trata-se de um banco de dados que é replicado e compartilhado por múltiplos participantes de uma rede, em vez de estar armazenado em um único local.

este trabalho optou por dar enfoque na blockchain visto que é a mais bem-sucedida até então dentre as tecnologias do mesmo segmento.

Em se tratando da arquitetura da blockchain, é possível dizer que ela é estruturada sobre dois pilares: a rede ponto-a-ponto (*peer-to-peer*) e o livro-razão distribuído. Nesse sentido, quando uma transação é iniciada – por exemplo, Maria transfere um ativo para João –, ela é assinada com sua chave privada e transmitida à rede. A partir disso, os nós validam a operação com base em regras pré-estabelecidas e, uma vez validada, ela é registrada no próximo bloco da cadeia. Essa verificação é garantida por protocolos de consenso, como o *Proof of Work*²³ (PoW), que asseguram a integridade e a cronologia dos registros (Mougayer apud Mariani, 2019, p. 32).

Como forma de ilustrar o que foi dito, seguem as figuras 1 e 2 que demonstram a arquitetura da blockchain e como essa tecnologia funciona.

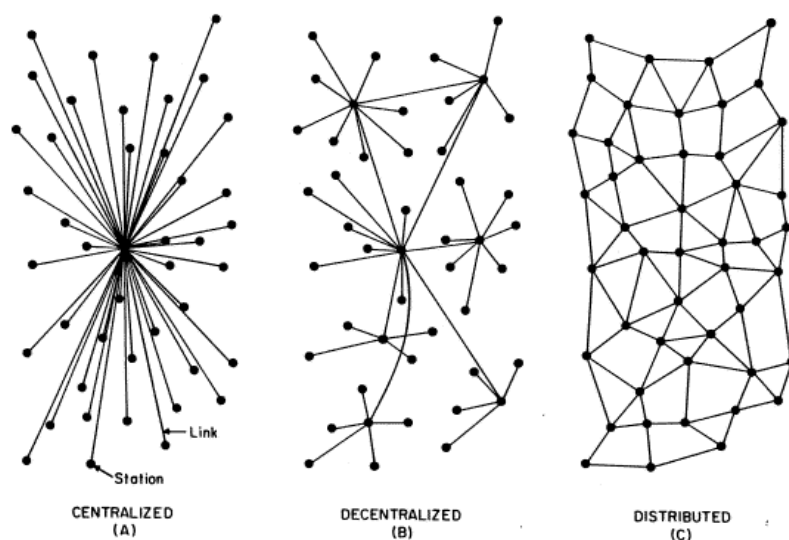


FIG. 1 – Centralized, Decentralized and Distributed Networks

Figura 1 – Tipos de redes (centralizada, descentralizada e distribuída)²⁴

Conforme gráfico citado por Mariani (2019, p. 31), que ilustra as diferentes arquiteturas e destaca a resiliência da rede distribuída; A Figura 1 ilustra de forma comparativa três tipos de redes: a centralizada, onde um único ponto gerencia todas as conexões; a descentralizada, com

²³ Mecanismo de consenso em redes blockchain que exigem tarefas computacionais complexas para validar e adicionar novos blocos à cadeia, garantindo a segurança e integridade das transações.

²⁴ Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-4-Redes-centralizadas-descentralizadas-e-distribuidas-de-Paul-Baran_fig4_315290347. Acesso em: 20 jun. 2025.

múltiplos pontos de controle, mas ainda com hierarquia; e a distribuída, onde todos os nós da rede se comunicam de maneira igualitária. Essa última representa a base arquitetônica da blockchain, destacando sua resiliência, pois a falha de um nó não compromete o funcionamento do sistema como um todo.

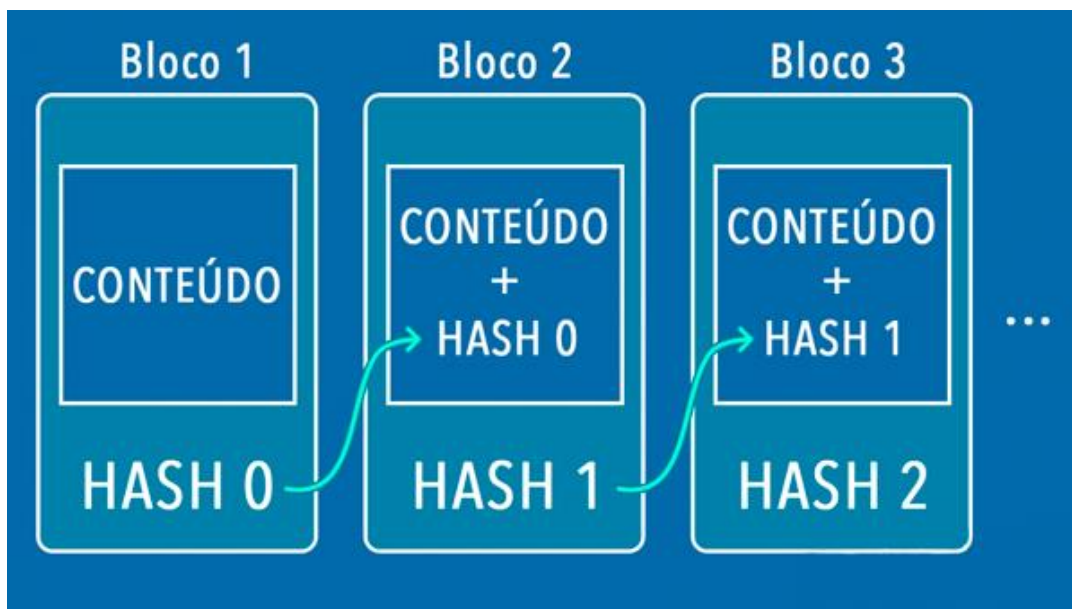


Figura 2 – Estrutura do bloco e encadeamento na blockchain²⁵

Conforme o descrito por Ulrich (2014, apud Mariani, 2019, p. 30), mostrando o funcionamento dos *hashes* e do livro-razão, a Figura 2 apresenta a estrutura interna de um bloco da blockchain. Cada bloco contém um conjunto de transações, um carimbo de data e hora (*timestamp*), um *hash* próprio e o *hash* do bloco anterior. A imagem mostra como os blocos se conectam sequencialmente, formando uma cadeia imutável. Caso uma única informação de um bloco seja alterada, todos os *hashes* subsequentes se tornariam inválidos, o que garante a integridade da cadeia de dados.

Isso posto, percebe-se que a blockchain permite eliminar a figura da terceira parte confiável, substituindo-a por um sistema descentralizado e transparente. Conforme ressalta Nakamoto (2008), o objetivo é permitir transações diretas entre as partes, com irreversibilidade prática, o que protege vendedores contra fraudes e assegura previsibilidade na execução das obrigações.

²⁵ Disponível em: <https://c2ti.com.br/blog/saiba-o-que-e-blockchain-e-entenda-porque-e-considerada-uma-tecnologia-do-futuro>. Acesso em 20 jun. 2025.

Além disso, a blockchain incorpora mecanismos de segurança como criptografia assimétrica (chaves públicas e privadas), assinaturas digitais e os já citados algoritmos de *hash*, os quais garantem a integridade, autenticidade e confidencialidade das transações. Como resume Mougayer (2017, p. 12, apud Mariani, 2019, p. 32), “a ciência da criptografia é usada para assegurar que as informações não sejam adulteradas, mesmo sem a necessidade de vê-las diretamente”.

Outra questão que merece destaque é o de que o funcionamento da blockchain resolve o chamado Problema dos Generais Bizantinos, conhecido na teoria dos jogos, que diz respeito à dificuldade de atingir consenso em redes não confiáveis. A blockchain supera esse desafio por meio do incentivo econômico à cooperação honesta: os validadores (mineradores) são recompensados com ativos da própria rede, como bitcoins, ao contribuírem corretamente para a validação dos blocos (Mougayer apud Mariani, 2019, p. 33).

Ademais, as blockchains podem ser públicas (como Bitcoin ou Ethereum) ou privadas (como Corda, Hyperledger ou redes desenvolvidas por instituições financeiras como o Itaú ou a IBM). Nas públicas, qualquer pessoa pode participar da validação e visualização dos registros; nas privadas, o acesso é restrito, conforme regras estabelecidas pelos administradores da rede.

É nesse ambiente técnico e organizacional que surgem os *smart contracts*. De acordo com a descrição dos idealizadores da plataforma Ethereum, os *smart contracts* são “caixas criptográficas que contêm valores e apenas são destravadas quando determinadas condições são atendidas” (Ethereum apud Mariani, 2019, p. 35). Ou seja, são programas autônomos operando dentro da blockchain, que se autoexecutam sem necessidade de supervisão humana, com base em condições previamente codificadas, indo de encontro com algumas das visões que já foram expostas no primeiro capítulo.

Portanto, é possível dizer que blockchain e *smart contracts* são tecnologias complementares: a primeira fornece a base segura, imutável e distribuída para que a segunda possa operar. Sem a infraestrutura técnica da blockchain, a lógica de autoexecução, imutabilidade e ausência de intermediários proposta pelos *smart contracts* não seria viável. A sinergia entre essas tecnologias será aprofundada no próximo tópico, que discutirá o papel da blockchain como instrumento de segurança jurídica na execução automatizada de contratos.

3.2 MECANISMOS DE SEGURANÇA JURÍDICA PROPORCIONADOS PELA BLOCKCHAIN

A segurança jurídica constitui valor central no Direito Contratual, pois assegura a previsibilidade das relações, a estabilidade normativa e a confiança legítima entre os contratantes. Como destacam Talamini e Cardoso (2023, p. 52), essa segurança não se limita à mera exigibilidade das obrigações, mas pressupõe clareza nos termos, licitude no conteúdo e efetividade na execução dos pactos. É nesse contexto que a tecnologia blockchain se apresenta como uma infraestrutura inovadora capaz de reforçar tais pilares nas relações obrigacionais via *smart contracts*.

Conforme destacado em um relatório, de acórdão 1613, feito pelo Tribunal de Contas da União (TCU), um *smart contract* pode ser caracterizado por quatro objetivos principais: observabilidade, verificabilidade, privacidade e obrigatoriedade. Desse modo, o TCU define essas figuras da seguinte forma:

a. Observabilidade: a habilidade de verificar se as partes envolvidas no contrato cumpriram a sua parte, ou seja, se o resultado esperado segundo a lógica computacional do contrato inteligente foi alcançado; b. Verificabilidade: é a possibilidade de uma das partes envolvidas reclamar que o contrato foi cumprido ou violado. A verificação pode ser feita por uma terceira parte, como juízes, fiscais, auditores etc.; c. Privacidade: o conhecimento sobre o conteúdo e a execução do contrato deve ser distribuído apenas na medida certa, ou seja, o mínimo possível de dados deve ser compartilhado (apenas o necessário para a criação e execução do contrato); d. Obrigatoriedade: se dá pela própria natureza automatizada do contrato inteligente. O contrato é executado de forma obrigatória, em sua completude, conforme programado em seu código-fonte, sem margem para interpretações diversas (TCU, 2020).

Essas características só são possíveis em decorrência do suporte de plataformas DLTs como a blockchain. Isso porque a transparência inerente a essas tecnologias assegura elevados níveis de observabilidade e verificabilidade. Além disso, a privacidade das informações pode ser protegida pelos recursos criptográficos incorporados às DLTs. Esses mesmos recursos também garantem a integridade dos dados, prevenindo adulterações e reforçando o cumprimento automático das cláusulas contratuais (TCU, 2020).

Outrossim, a execução de um *smart contract* ocorre por meio do envio de uma mensagem ao seu endereço específico dentro de uma rede DLT, indicando que uma determinada condição relevante foi satisfeita, conforme previsto nas regras de negócio estabelecidas entre as partes envolvidas. Nesse modelo, a função tradicional do intermediário é substituída pela própria infraestrutura tecnológica da DLT. Elementos como o encadeamento de blocos, os

mecanismos de criptografia e os algoritmos de consenso são os pilares que sustentam o funcionamento seguro e autônomo desses contratos (TCU, 2020).

Além dessas características, faz-se essencial explorar outras características inerentes à blockchain que permitem que os *smart contracts* sejam uma alternativa segura para a pactuação de uma obrigação.

Nesse sentido, dentre os principais elementos tecnológicos que contribuem para a segurança da ferramenta está a imutabilidade dos registros. Isto é, cada transação validada em uma rede blockchain é gravada de forma sequencial e cronológica em blocos encadeados por meio de algoritmos criptográficos, o que torna virtualmente inviável sua alteração posterior. Essa arquitetura garante a integridade do histórico contratual e coíbe práticas de manipulação unilateral de dados, como observa Ulrich (2014, p. 18 apud Mariani, 2019, p. 30). Além disso, como complementam Talamini e Cardoso (2023, p. 50), a imutabilidade reduz o risco de fraudes e serve como proteção adicional contra intervenções externas indevidas.

Outro atributo relevante é a transparência auditável – que seria semelhante à observabilidade e à verificabilidade acima destacadas. Em redes públicas, todas as transações ficam registradas em um livro-razão distribuído, acessível aos participantes e sincronizado entre todos os nós da rede. Isso permite a reconstrução cronológica das obrigações pactuadas e facilita a produção de provas em eventual disputa, sem comprometer o sigilo das partes envolvidas, já que os usuários operam por meio de chaves criptográficas (Talamini e Cardoso, 2023, p. 50). Tal visibilidade favorece a responsabilização contratual e dificulta o descumprimento oculto de cláusula.

A descentralização da autoridade também fortalece a segurança contratual. Em vez de depender de um agente central para a validação e guarda dos registros, a blockchain distribui o controle entre os participantes da rede. Essa descentralização – que impede pontos únicos de falha – opera por meio de mecanismos de consenso que conferem legitimidade coletiva às operações. Como destaca Mougayer (apud Mariani, 2019, p. 32), o sistema substitui a confiança institucional por uma “confiança matemática”, reduzindo o papel de intermediários humanos e minimizando a possibilidade de abuso de poder por qualquer agente isolado.

Nesse aspecto, conforme destacado no relatório do TCU (2020, p. 7), em redes blockchain, é possível afirmar que os mecanismos de consenso são essenciais para garantir que os nós participantes concordem sobre a validade das transações e o estado atual do livro-razão. Esses mecanismos consistem em regras técnicas que permitem validar, ordenar e registrar as transações de forma coordenada, mesmo em um ambiente descentralizado e sujeito a falhas. Para que uma transação seja adicionada à blockchain, ela deve primeiro ser verificada segundo

critérios pré-estabelecidos pelos nós validadores. Apenas após esse processo é que ela pode compor um bloco e ser efetivamente registrada na cadeia.

Uma vez reunidas em um *pool*²⁶ de transações válidas, cabe ao nó responsável – conforme o protocolo adotado – criar um novo bloco contendo essas operações. Esse bloco é então anexado de forma imutável à cadeia existente, atualizando a rede com um novo estado consensual. Desse modo, esse processo assegura que todos os participantes compartilhem uma versão única e auditável do histórico de transações, garantindo confiabilidade e integridade ao sistema (TCU, 2020). Existem diferentes modelos de consenso – como o já citado *Proof of Work* –, cada qual adequado a diferentes finalidades e características da rede.

Além disso, a replicação constante dos dados em diferentes nós da rede também garante resiliência técnica. Mesmo diante de falhas, ataques ou tentativas de exclusão, as informações permanecem preservadas e acessíveis. Isso protege os contratos contra perdas acidentais e assegura a continuidade da informação – característica que se alinha à produção e conservação de provas contratuais em longo prazo (TCU, 2020). Essa resiliência representa um diferencial importante em relação a bancos de dados centralizados, mais suscetíveis a falhas críticas ou censura institucional.

Nesse contexto, quando ligado ao campo contratual, percebe-se que essas características técnicas aparentam representar avanços importantes para a confiabilidade das obrigações. Como explicam Talamini e Cardoso (2023), a aplicação da blockchain na estrutura de execução contratual pode reduzir significativamente o risco de inadimplemento, facilitar a prova do cumprimento e evitar litígios relacionados a alterações não autorizadas. No entanto, esses ganhos devem ser vistos como complementares às garantias jurídicas tradicionais, e não como sua substituição.

A segurança jurídica plena não pode ser reduzida à mera eficácia técnica da execução. O Direito, sobretudo o ordenamento brasileiro, exige respeito a princípios como boa-fé, equilíbrio contratual e função social do contrato. Como destaca Tartuce (2025, p. 67), “à luz da personalização e constitucionalização do Direito Civil, pode-se afirmar que a real função do contrato não é a segurança jurídica ou a proteção excessiva e cega do mercado, mas sim atender os interesses da pessoa humana”. Assim, mesmo os contratos registrados em blockchain devem se submeter ao crivo da licitude, da ética e da justiça material.

Portanto, a blockchain deve ser compreendida como uma ferramenta de suporte à segurança jurídica, capaz de reforçar a integridade, rastreabilidade e previsibilidade das

²⁶ Espécie de fila temporária onde ficam armazenadas todas as transações válidas que ainda não foram incluídas em um bloco na blockchain.

relações contratuais. Como propõem Filippi e Wright (apud Mariani, 2019, p. 45), alguns direitos são facilmente traduzíveis na lógica de códigos, porém, mesmo esses sistemas – a chamada *lex cryptographica* – devem dialogar com os princípios do ordenamento jurídico tradicional, sob pena de comprometer os valores que sustentam o Estado de Direito. A tecnologia, por si só, não garante justiça: ela precisa ser aplicada com discernimento, respeitando a complexidade das relações humanas e a centralidade da pessoa no Direito Privado. Isso faz com que sua incorporação aos contratos precise ser cuidadosa, buscando sempre preservar os direitos fundamentais das partes e a coerência do sistema jurídico como um todo.

3.3 DESAFIOS E LIMITAÇÕES DO USO DE *SMART CONTRACTS*

Apesar dessas inovações que os *smart contracts* prometem trazer às relações contratuais – como eficiência, automatização e redução de custos de transação –, sua incorporação ao ordenamento jurídico brasileiro ainda apresenta desafios consideráveis. Tais obstáculos não são meramente técnicos, mas decorrem de tensões estruturais entre a lógica rígida da codificação e os princípios normativos que regem a contratação no Direito Privado contemporâneo.

Um primeiro ponto crítico refere-se à linguagem utilizada na programação desses contratos. Escrito em códigos como Solidity ou Vyper, o *smart contract* opera com base em instruções matemáticas que, embora funcionais para execução automatizada, dificultam a compreensão jurídica de seu conteúdo. Como observam Talamini e Cardoso (2023, p. 51), essa dissociação entre linguagem técnica e linguagem natural compromete a transparência e torna difícil verificar se houve, de fato, consentimento informado por parte dos contratantes. Em ambientes assimétricos, essa dificuldade pode representar uma limitação grave, já que uma das partes pode não compreender minimamente os termos a que está se vinculando.

Além disso, a estrutura lógica dos *smart contracts* impõe restrições à interpretação e à adaptação contratual. Baseando-se em comandos condicionais do tipo “se/então”, esses contratos são incapazes de processar situações excepcionais ou cláusulas abertas, que dependem de valoração jurídica e contextual. Princípios como a boa-fé, a equidade ou a função social do contrato – fundamentais para a justiça contratual – não são operacionalizáveis em linguagem binária. Como pontua Rey (2019, p. 102), a rigidez do código não comporta o grau de elasticidade necessário para lidar com as complexidades da vida real, o que pode gerar injustiças materiais, especialmente em relações contratuais continuadas ou desequilibradas.

Nessa perspectiva, Mariani (2019, p. 45), citando e traduzindo as falas de Fillipi e Wright (2018) aponta o seguinte:

Alguns direitos e obrigações são facilmente traduzíveis na lógica estrita do código – particularmente aqueles relacionados à troca de valor ou à transferência para o título de um ativo representado digitalmente. Existem promessas muitas vezes de natureza binária e, portanto, naturalmente traduzíveis em software. (...). Os *smart contracts* – pelo menos para o futuro imediato – não serão capazes de dar conta desses direitos e obrigações mais abertos, que não são binários nem altamente estereotipados. Esses termos não estruturados são difíceis de prever no momento da contratação e, portanto, não são adequados para serem memorizados na lógica estrita do código.

Ou seja, de acordo com os autores, a ferramenta não consegue lidar tão bem com situações complexas, o que limita bastante o seu uso em massa.

Outro desafio importante diz respeito à impossibilidade de alterar ou revisar os contratos após sua inserção na blockchain. A imutabilidade do código, embora útil para garantir integridade e evitar fraudes, compromete a flexibilidade exigida por diversas relações jurídicas. Alterações contratuais, renegociações ou até mesmo correções de erros exigem, muitas vezes, a criação de um novo contrato do zero. Segundo Talamini e Cardoso (2023), esse modelo de execução “fechada” pode frustrar intenções legítimas das partes e impor custos elevados para adaptar o contrato a novas circunstâncias, algo que seria resolvido com uma simples cláusula aditiva em contratos tradicionais.

Há, ainda, importantes dificuldades relacionadas à responsabilidade jurídica nos casos de inadimplemento, falhas de execução ou vícios de consentimento. Como a execução ocorre automaticamente, muitas vezes sem aviso ou mediação, os efeitos do contrato se concretizam antes mesmo que as partes possam discutir sua validade. Isso fragiliza a proteção jurídica de contratantes que foram induzidos a erro ou que sofreram prejuízos por bugs no código. A doutrina e a jurisprudência ainda não consolidaram critérios claros para definir em que medida o Judiciário pode intervir em contratos autoexecutáveis, nem quem deve responder por falhas na programação – se os desenvolvedores, as partes, ou terceiros (Merighi, 2023, p. 82).

No entanto, Merighi (2023) utilizou um julgado do Superior Tribunal de Justiça (STJ, RMS 27.512/BA) para comparar uma situação análoga aos termos de um *smart contract* em uma relação empresarial. Nesse cenário, o autor demonstrou que o Tribunal utilizou a Teoria Finalista Mitigada, reconhecendo a vulnerabilidade de uma das partes frente a outra. Desse modo, concluiu o seguinte:

Tem-se uma situação em que o contratante que detiver o conhecimento e o poder de cifrar parte do contrato em linguagem de código para fins de autoexecução de obrigações avençadas será, evidentemente, o mais forte, em desfavor de quem pesarão com muita força os deveres informacionais. Isto, com mais relevância, na fase pré-contratual, quer seja, no momento da oferta pública da avença com pacto adjeto de smart contract, quer seja em eventual fase de negociações preliminares ou mesmo na fase da proposta.

Ou seja, Merighi (2023) aponta a possibilidade de que, caso haja judicialização entre empresas no uso de *smart contracts*, existe a possibilidade de que se reconheça a diferença de poder entre os envolvidos. Outrossim, em uma perspectiva mais consumerista, o autor afirma que já existem normas em vigor, as quais reforçam o dever de transparência e informação aos consumidores. Portanto, mesmo sem julgados paradigmáticos sobre o tema, nota-se que situações que envolvam *smart contracts* não fogem da necessidade de se ater às normas de consumo ou à jurisprudência de casos semelhantes.

Além disso, a essa indeterminação soma-se a dependência dos *smart contracts* em relação a fontes externas de informação, os já citados oráculos. Esses mecanismos são responsáveis por introduzir na blockchain dados do mundo real – como variações de preços, temperatura, ou localização geográfica – que servem de gatilho para a execução das cláusulas. Ocorre que, se o oráculo falhar, for manipulado ou transmitir dados incorretos, o contrato poderá ser executado com base em premissas falsas. Rey (2019, p. 109) ressalta que essa dependência técnica fragiliza a confiabilidade do sistema, pois reintroduz o risco de erro e de má-fé, exatamente o que os *smart contracts* pretendem evitar.

Adicionalmente, a ausência de um marco regulatório específico para contratos inteligentes no Brasil cria incertezas jurídicas relevantes. Questões como a alocação de responsabilidades, o foro competente em litígios transnacionais, a aplicabilidade da legislação consumerista e os limites de autoexecutoriedade ainda estão em aberto. Como observa Merighi (2023), a execução desses contratos em plataformas descentralizadas e globais – frequentemente fora da jurisdição brasileira – torna mais difícil aplicar medidas corretivas, tutelas específicas ou mecanismos de proteção ao contratante vulnerável. Por esse motivo, o autor defende que “considerando, nos casos dos *smarts contracts*, que essas ofertas serão massificadas nas relações de consumo é crucial que haja a atuação dos órgãos de proteção aos direitos dos consumidores para que fiscalizem a exatidão de seus conteúdos” (Merighi, 2023, p. 89).

Apesar disso, leis como o Marco Civil da Internet (MCI – lei 12.965/14) e a Lei Geral de Proteção de dados (LGPD – lei 13.709/18) vigoram e podem estabelecer uma base normativa aos *smart contracts*. O art. 6º da LGPD, por exemplo, afirma que os contratos digitais deverão

observar a boa-fé e princípios como segurança e adequação. O MCI, também, em seu art. 7º afirma que o acesso à internet é essencial ao exercício de cidadania e assegura aos usuários direitos como inviolabilidade da intimidade e vida privada; inviolabilidade e sigilo do fluxo de comunicações; inviolabilidade e sigilo de comunicações privadas armazenadas; dentre outros direitos que envolvam contextos digitais.

Ademais, sobre essa questão regulatória, é possível vislumbrar a tentativa do legislador de abarcar a figura do *smart contract* de forma mais específica. Isto é, o Projeto de Lei nº 4, de 2025, o qual trata da atualização do Código Civil de 2002, em seu artigo 2.027, define o que seria um “contrato inteligente” e delimita quais são os parâmetros de sua aplicação. Nesse sentido, o artigo do PL diz o seguinte:

“Art. 2.027-AU. São considerados contratos inteligentes (smart contracts) aqueles nos quais alguma ou todas as obrigações contratuais são definidas ou executadas automaticamente por meio de um programa de computador, por meio da utilização de sequência de registros eletrônicos de dados e garantindo-se a integridade e a precisão de sua ordenação cronológica.

Parágrafo único. O fornecedor que utiliza contratos inteligentes ou, na sua ausência, a pessoa cujo comércio, negócio ou profissão envolva a sua implementação para terceiros, no contexto da execução de um acordo ou parte dele e ao disponibilizar dados, deve garantir que tais contratos cumpram os seguintes requisitos:

I - robustez e controle de acesso, para assegurar que o contrato inteligente foi projetado para oferecer mecanismos de controle de acesso e um grau muito elevado de segurança a fim de evitar erros funcionais e resistir à manipulação por terceiros;

II - término seguro e interrupção, para garantir que exista um mecanismo para encerrar a execução contínua de transações e que o contrato inteligente inclua funções internas capazes de reiniciar ou instruir o contrato a parar ou interromper a operação, especialmente para evitar futuras execuções acidentais;

III - auditabilidade, com arquivamento de dados e continuidade, para garantir, em circunstâncias em que um contrato inteligente precise ser encerrado ou desativado, a possibilidade de arquivar os seus dados transacionais, a sua lógica e o seu código a fim de manter-se o registro dos dados das operações passadas;

IV - controle de acesso, para assegurar que o contrato inteligente esteja protegido por meio de mecanismos rigorosos de controle de acesso nas camadas de governança; e

V - consistência, para garantir a conformidade com os termos do acordo que o contrato inteligente executa.”

Com isso em evidência, nota-se que o inciso II do parágrafo único, ao estabelecer que exista um mecanismo para encerrar a execução contínua, determina algo que conflita com algo

substancial dos *smart contracts*: a autoexecutoriedade e a imutabilidade. Ou seja, vê-se uma contradição entre o fato a ser regulado e a norma. Isso demonstra que essa ferramenta é muito nova no ordenamento brasileiro e, portanto, ainda necessita de estudos, análises e aprimoramentos no que diz respeito às regulações estritas.

Diante desses aspectos, é possível afirmar que, embora os *smart contracts* representem uma inovação relevante para a dinâmica contratual, sua plena integração ao Direito exige cautela. Não se trata de rejeitar os avanços tecnológicos, mas de reconhecer que sua aplicação deve estar subordinada à lógica jurídica, e não o contrário. A função do contrato, no contexto normativo brasileiro, transcende a automatização da execução: ela envolve equilíbrio, proteção, justiça e, sobretudo, respeito à dignidade dos sujeitos envolvidos. A tecnologia pode reforçar esses valores, mas jamais substituí-los.

4 ANÁLISE ECONÔMICA DOS *SMART CONTRACTS*

Este capítulo tem por finalidade analisar os *smart contracts* a partir da perspectiva da Análise Econômica do Direito (AED), com especial atenção às categorias de eficiência contratual, redução de custos de transação e mitigação de assimetrias informacionais. A AED permite avaliar normas jurídicas não apenas sob critérios formais ou dogmáticos, mas também sob sua efetividade em promover comportamentos desejáveis, reduzir incertezas e estimular relações contratuais eficientes. A análise será feita em quatro frentes: (i) fundamentos da AED aplicada aos contratos; (ii) eficiência e custos de transação; (iii) assimetria informacional e riscos; e (iv) comparação com contratos tradicionais.

4.1 FUNDAMENTOS DA ANÁLISE ECONÔMICA DO DIREITO APLICADA AOS CONTRATOS

A Análise Econômica do Direito (AED) constitui uma abordagem interdisciplinar que aplica conceitos da teoria microeconômica à investigação das instituições jurídicas. Como institui Rowley (apud Battesini, 2021, p. 10), trata-se da “aplicação da teoria econômica e de métodos econométricos no exame da formação, estrutura, processos e impacto do direito e das instituições jurídicas”. Nessa perspectiva, Ronald Coase, em seu artigo seminal "*The Nature of the Firm*" (1937), introduziu o conceito de custos de transação como elemento explicativo da existência das firmas, estabelecendo a base para análises econômicas sobre instituições como os contratos.

Em obra posterior, *The Problem of Social Cost* (1960), Coase desenvolve mais profundamente a relação entre Direito e eficiência econômica. Seu argumento central é que, na ausência de custos de transação, as partes privadas poderiam negociar livremente para alcançar alocações eficientes de direitos, independentemente da regra jurídica de partida (Coase, 1960, p. 2). No entanto, o próprio autor reconhece que, no mundo real, esses custos são elevados – incluem busca de informação, negociação, elaboração de contratos e *enforcement* – e muitas vezes inviabilizam a realização de acordos mutuamente vantajosos. Com isso, a estrutura jurídica deixa de ser neutra e passa a ser decisiva para o resultado econômico das relações sociais.

Posteriormente, Guido Calabresi (1961) e Richard Posner (1972, 1998) aprofundaram essa perspectiva, relacionando normas jurídicas e eficiência alocativa. No Brasil, a AED foi

sistematizada por iniciativas como a da Secretaria de Acompanhamento Econômico (SEAE), particularmente com os estudos de Mattos (2014).

AAED assume que os agentes econômicos são racionais, atuando de forma a maximizar sua utilidade (Mattos, 2014). O Direito, nesse contexto, é compreendido como um sistema de incentivos, e sua análise deve focar nas consequências comportamentais que as normas geram (Posner, 1998). Mattos (2014, p. 4), citando Posner, difere os dois campos – Direito e Economia – da seguinte forma:

(...) um problema de determinação da culpa em um acidente no qual um caçador “Y” que dá um tiro no meio de uma floresta acerta acidentalmente um indivíduo (a vítima) “X”. Toda a discussão na perspectiva mais convencional do direito será se é “justo” ou não o juiz definir que X deva receber (ou não) uma compensação de “Y” em função do que já aconteceu. Ou seja, no direito, está sempre se olhando” para trás (backward-looking) de forma a buscar uma compensação por algo que está no passado. Já na perspectiva da economia, o fazer justiça em si sobre o que aconteceu é uma questão menos importante. O acidente é passado e, portanto, um “custo afundado”; não muda (ou não deveria alterar) as decisões daqui em diante. O economista, por sua vez, está sempre olhando para a frente (forwardlooking) de forma a avaliar qual o efeito da decisão do juiz sobre a prevenção de acidentes.

Segundo Mattos (2014), dentro da perspectiva da Análise Econômica do Direito, as normas jurídicas e sua aplicação pelo Judiciário funcionariam como um verdadeiro sistema de incentivos, influenciando o comportamento dos indivíduos em diversas situações. Essa abordagem não se limita aos casos de responsabilidade civil, mas também se aplica a áreas como contratos, direito de propriedade e resolução de litígios.

Ainda que essa visão seja criticada por parte da doutrina jurídica – que aponta sua aparente insensibilidade à noção tradicional de justiça e sua dependência da premissa de racionalidade econômica -, Mattos (2014) observa que essa crítica pode ser relativizada. Como exemplificado por Posner (1998), mesmo nos casos concretos, os juízes consideram os efeitos práticos de suas decisões. A jurisprudência, ao criar precedentes, influencia o comportamento dos agentes, e os próprios magistrados estariam conscientes do impacto que suas decisões exercem sobre o comportamento futuro da sociedade.

Adentrando no campo contratual, a AED procura avaliar se os mecanismos contratuais existentes reduzem os riscos de inadimplemento, alocam eficientemente responsabilidades e minimizam os custos associados à formação, execução e eventual litígio. Cooter e Ulen (2000) destacam que a estrutura contratual ideal é aquela que, diante da assimetria de informações e da incerteza, consegue alinhar incentivos e reduzir comportamentos oportunistas, como o risco moral e a seleção adversa.

Essa análise leva à compreensão de que a função do Direito é, em parte, criar estruturas que minimizem esses custos e ampliem as possibilidades de cooperação eficiente. O contrato, nesse cenário, aparece como uma ferramenta institucional destinada a reduzir incertezas, alinhar expectativas e tornar possíveis trocas que, de outro modo, não ocorreriam. Ao mesmo tempo, o sistema jurídico precisa lidar com as limitações dos contratos, como imperfeições na redação, assimetrias informacionais e eventos imprevistos – aspectos cuja presença real desafia o modelo idealizado pelo teorema de Coase.

Nesse ponto, os *smart contracts* surgem como instrumentos promissores. Tais contratos, ao operarem sem necessidade de intermediários, em tese eliminam parte relevante dos custos de fiscalização e execução, como os decorrentes do acionamento judicial. Segundo Mariani (2019), citando Filippi e Write (2018), a automação transforma obrigações jurídicas em comandos técnicos, promovendo uma menor necessidade de intervenção judicial.

O impacto dessa automação contratual sobre os incentivos econômicos é significativo. Para Cong e He (2018), a principal contribuição da blockchain é viabilizar consensos descentralizados, o que altera substancialmente o ambiente informacional dos contratos. A imutabilidade dos registros e a transparência das transações mitigam assimetrias informacionais e podem melhorar a eficiência global do sistema, especialmente em mercados com baixa confiança institucional.

Por outro lado, essa arquitetura técnica apresenta riscos. Como destaca Lessig (2006, apud Mariani, 2019, p. 35), o código torna-se regulador, substituindo parte do ordenamento jurídico tradicional. Isso implica que falhas de codificação ou limitações na modelagem das contingências contratuais podem gerar execuções automáticas indevidas. Cardoso (2022) ressalta que, na ausência de dispositivos que permitam revisão ou flexibilização, os *smart contracts* podem executar cláusulas mesmo em situações excepcionais como força maior, vício de consentimento ou onerosidade excessiva. A autora também cita a possibilidade de inserção de mecanismos de flexibilização, porém afirma que a flexibilidade de tais mecanismos “retira um pouco da descentralização e da eficiência que fazem o *smart contract* atrativo, além de aumentar os custos da tentativa de modificar o programa de computador à maneira de um aditivo contratual tradicional” (Cardoso, 2022, p. 211).

Nessa perspectiva, a AED fornece critérios para ponderar tais riscos, particularmente a partir dos conceitos de eficiência de Pareto e de Kaldor-Hicks. A primeira considera eficiente qualquer alocação em que ninguém possa ser beneficiado sem que outro seja prejudicado. Já a segunda permite mudanças que aumentem o bem-estar social agregado, mesmo que haja perdedores, desde que, em tese, seja possível compensá-los (Cooter; Ulen, 2000, apud Mattos,

2014). No caso dos *smart contracts*, os ganhos em previsibilidade e redução de custos devem ser confrontados com possíveis perdas em flexibilidade e justiça distributiva.

Mattos (2014) sustenta que políticas públicas orientadas pela AED devem buscar equilíbrio entre eficiência e equidade. A aplicação dessa diretriz aos *smart contracts* revela que a eficiência técnica não pode ser confundida com justiça contratual. A rigidez algorítmica, embora reduzisse incertezas, também poderia cristalizar desvantagens sistêmicas, como a exclusão de partes com menor capacidade técnica ou a execução cega de obrigações injustas (Merighi, 2023).

Além disso, Cong e He (2018) apontam que a transparência radical propiciada pelos blockchains pode favorecer a colusão, especialmente em mercados com poucos agentes. Assim, embora a descentralização reduza a necessidade de confiança institucional, ela também pode ampliar o poder de monitoramento entre concorrentes, dificultando a competição e gerando novas formas de assimetria.

Em síntese, os *smart contracts* introduzem um novo paradigma contratual, deslocando o centro da confiança do sistema jurídico para a arquitetura computacional. A AED permite compreender como essa transformação afeta os custos de transação, a alocação de riscos e os incentivos econômicos. Entretanto, como evidenciado, a adoção acrítica dessa tecnologia pode comprometer valores fundamentais do Direito, como a equidade, a função social do contrato e a proteção de partes vulneráveis.

4.2 EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE CUSTOS DE TRANSAÇÃO

A proposta de adoção de *smart contracts* não pode ser avaliada apenas a partir de seu caráter tecnológico disruptivo, mas deve ser submetida a critérios objetivos de eficiência contratual. Nesse contexto, a Análise Econômica do Direito (AED) oferece ferramentas importantes para examinar se esses instrumentos realmente promovem melhorias nos fluxos negociais. Mais especificamente, a teoria dos custos de transação, introduzida por Ronald Coase e desenvolvida por Oliver Williamson, fornece uma base teórica sólida para compreender os impactos econômicos da automação contratual sobre a estrutura, execução e governança dos contratos.

A eficiência contratual, dentro dessa abordagem, não se limita à redução de tempo ou custos diretos: ela envolve também a diminuição de incertezas, a mitigação de assimetrias informacionais, a previsibilidade institucional e a adaptabilidade dos arranjos negociais a contextos diversos. Assim, os *smart contracts* devem ser analisados não apenas por sua

capacidade de executar cláusulas automaticamente, mas por sua efetividade em minimizar os custos associados à formação, execução, fiscalização e resolução de litígios.

Dessa forma, a presente seção se dedica a explorar as implicações dos *smart contracts* sob o prisma dos custos de transação. Parte-se, inicialmente, do exame conceitual e tipológico desses custos, para em seguida avaliar os ganhos operacionais trazidos pela automação, as limitações tecnológicas que ainda persistem e os desafios institucionais enfrentados por essa nova forma de contratar. Por fim, será apresentada uma avaliação comparativa entre os contratos tradicionais e os *smart contracts*, com destaque para os contextos setoriais em que a aplicação dessa tecnologia se mostra mais vantajosa ou mais problemática.

4.2.1 Conceito e Tipologia dos Custos de Transação

A teoria dos custos de transação é um dos pilares fundamentais da Análise Econômica do Direito (AED), especialmente quando se trata de analisar a eficiência de contratos. Introduzido por Ronald Coase em seu artigo seminal “The Nature of the Firm” (1937), o conceito surgiu para explicar por que firmas surgem como alternativa à coordenação puramente via mercado. Coase observou que realizar trocas econômicas fora do mercado – ou seja, dentro de estruturas organizacionais – só se justificaria se os custos de organizar essas transações por meio de contratos fossem menores do que os custos de usar o próprio mercado. A partir dessa lógica, surgiu o entendimento de que transações econômicas envolvem custos inevitáveis que precisam ser minimizados para que o sistema seja eficiente.

Nesse sentido, conforme elencado por Mariani (2019, p. 41), citando Coase:

A fim de efetuar uma transação no mercado, é necessário descobrir com quem se deseja fazer a transação, informar às pessoas que se quer fazer a transação e em que termos, conduzir negociações que levam a um acordo, redigir o contrato, realizar a inspeção necessária para assegurar que os termos do contrato estão sendo cumpridos, e assim por diante. Com frequência, essas operações são extremamente dispendiosas, ou, de qualquer modo, custosas o suficiente para inviabilizar muitas operações que seriam realizadas em um mundo no qual o sistema de preços funcionasse sem custos.

Coase (2017, apud Mariani, 2019, p. 41) desenvolveu a teoria de que as firmas surgem como resposta aos custos inerentes à realização de transações no mercado. Em suas palavras:

(...) embora se possa realizar uma produção de maneira totalmente descentralizada por meio de contratos entre indivíduos, o fato de que existe um custo relativo à participação nessas transações significa que surgirão firmas para organizar transações

que de outro modo seriam de mercado sempre que seus custos forem menores do que os custos de realizar as transações através do mercado.

Ainda segundo Coase (2017, apud Mariani, 2019, p. 41), é importante destacar que o chamado Teorema de Coase não foi formulado originalmente por ele, mas por Stigler, em sua obra *The Theory of Price* (1966), ao sustentar que, sob condições de concorrência perfeita, os custos privados e sociais tenderiam a se igualar. Já Cooter e Ulen (2010, apud Mariani, 2019, p. 41) apresentam o teorema da seguinte forma:

(...) quando os custos de transação são nulos, um uso eficiente resulta da negociação privada, independentemente da atribuição jurídica dos custos de propriedade. (...).
Ou: quando os custos de transação são suficientemente altos para impedir a negociação, o uso eficientemente dos recursos dependerá da maneira como os direitos de propriedade são atribuídos.

Nesse contexto, Mackaay e Rousseau (2015, apud Mariani, 2019, p. 41-42) comparam os custos de transação ao atrito no campo da física, enquanto Cooter e Ulen (2010, apud Mariani, 2019, p. 42) afirmam que “um objetivo jurídico importante é lubrificar as negociações privadas diminuindo os custos de transação”.

Além disso, Mackaay e Rousseau (2015, apud Mariani, 2019, p. 42) destacam que os custos de transação podem impactar negativamente a celebração e a execução dos contratos, dando origem a três situações principais. A primeira ocorre quando a assimetria de informações entre os agentes econômicos é tão significativa que impede a própria formação do contrato. A segunda está relacionada à incerteza estrutural dos mercados, que pode desestimular a negociação contratual. Por fim, a terceira se manifesta após a formalização do contrato, quando uma ou ambas as partes adotam comportamentos oportunistas ou estratégias que visam maximizar vantagens individuais em detrimento da cooperação contratual.

Posteriormente, Oliver Williamson (1985) expandiu esse raciocínio ao classificar os custos de transação em dois grandes grupos: os custos *ex ante* e os custos *ex post*. Os custos *ex ante* incluem a busca de informações sobre as partes, o tempo e os recursos gastos na negociação de cláusulas e, ainda, a redação formal do contrato. Já os custos *ex post* estão ligados à execução do contrato: monitoramento, fiscalização, resolução de litígios e *enforcement* judicial. Cada uma dessas etapas impõe fricções ao fluxo econômico pretendido pelas partes contratantes e, portanto, é objeto de análise quando se pretende avaliar a eficiência contratual (Williamson, 1985).

No contexto jurídico, Cooter e Ulen (2016) destacam que a função do contrato não se resume à criação de obrigações legais. Seu verdadeiro papel é estruturar incentivos e alinhar expectativas em contextos de incerteza e informação imperfeita. Assim, contratos bem desenhados devem minimizar a ocorrência de comportamentos oportunistas – como o risco moral (*moral hazard*) e a seleção adversa (*adverse selection*)²⁷ – e, ao mesmo tempo, facilitar o cumprimento espontâneo das obrigações. A AED, portanto, permite avaliar os contratos não apenas quanto à sua validade formal, mas também quanto ao seu desempenho prático na redução de ineficiências e incertezas.

Além disso, a análise dos custos de transação deve considerar fatores institucionais. Como observa Douglass North (1991), as instituições – entendidas como as “regras do jogo” em uma sociedade – influenciam o custo de transacionar ao oferecer maior ou menor segurança jurídica, previsibilidade e estabilidade nas relações econômicas. Isso significa que um mesmo contrato pode apresentar custos muito distintos dependendo do ambiente institucional em que se insere. Por exemplo, em países com sistemas judiciais lentos ou imprevisíveis, os custos de *enforcement* são elevados, o que encarece e desincentiva a celebração de contratos mais complexos.

Nesse sentido, a tipologia dos custos de transação torna-se uma ferramenta prática para a tomada de decisão contratual, tanto no setor privado quanto na formulação de políticas públicas. Para uma empresa, compreender a estrutura de custos envolvida na transação contratual permite escolher o arranjo mais econômico: se valerá a pena usar um contrato tradicional, buscar formas híbridas ou migrar para soluções tecnológicas como os *smart contracts*. Para o formulador de políticas públicas, por sua vez, compreender onde se concentram os principais custos pode orientar reformas que aumentem a eficiência global do sistema jurídico e reduzam as barreiras à formalização de relações econômicas.

No que diz respeito aos contratos digitais, e particularmente aos *smart contracts*, esse aparato teórico se torna ainda mais relevante. Ao analisar os custos de transação sob a lente da AED, é possível compreender se a promessa de automação e autoexecução realmente representa um ganho de eficiência líquida ou apenas uma substituição de custos tradicionais por novos custos tecnológicos, jurídicos ou operacionais. Esse será o foco dos subtópicos seguintes, em

²⁷ *Moral hazard* e *adverse selection* são dois problemas clássicos associados à assimetria de informações. O primeiro surge quando o comportamento do segurado se torna mais arriscado após a contratação do seguro, pois ele passa a agir com menor cautela por saber que eventuais perdas serão cobertas. Já o segundo ocorre quando pessoas com maior risco de sinistro tendem a contratar mais seguros ou planos mais amplos, enquanto as de menor risco optam por não contratar, o que desequilibra o mercado. Ambos os problemas geram ineficiências e aumentam os custos das transações contratuais, exigindo mecanismos como franquias, coparticipações ou exclusões de cobertura para mitigá-los (Cooter; Ulen, 2016, p. 48-49).

que serão analisados os efeitos dos *smart contracts* sobre cada categoria de custo transacional identificada na literatura clássica da AED.

4.2.2 Eficiência Operacional dos *Smart Contracts*

A promessa de eficiência dos *smart contracts* repousa, em grande medida, na sua capacidade de reduzir os custos operacionais tradicionalmente associados à celebração e execução de contratos. Diferentemente dos contratos convencionais, que exigem múltiplas etapas manuais – negociação, redação, assinatura, guarda, fiscalização e eventual execução judicial –, os *smart contracts* automatizam diversas dessas funções por meio de códigos executáveis inseridos em blockchains públicos ou privados. De acordo com o relatório do TCU (2020, p. 8), “a automação inteligente de contratos reduz custos, reduz riscos de erros, mitiga riscos de fraude e, potencialmente, otimiza muitos processos de negócios”.

Segundo diversos autores já citados ao longo do trabalho – como Merighi (2023), Mariani (2019) e Talamine e Cardoso (2023) –, é possível afirmar que a principal virtude dos *smart contracts* está em sua natureza autoexecutável: uma vez desencadeadas as condições programadas, as cláusulas são cumpridas automaticamente, sem necessidade de intervenção humana. Isso representa um deslocamento da lógica contratual baseada na confiança interpessoal ou institucional para uma lógica baseada na execução técnica (Mariani, 2019). A consequência imediata dessa transformação é a redução dos custos *ex post* – especialmente os relacionados à fiscalização e à execução forçada das obrigações.

Conforme se extrai do texto de Mariani (2019), o impacto dessa automação é especialmente relevante em contratos de alto volume, baixa complexidade e padrão recorrente. O autor, com base em pesquisa empírica qualitativa com empresas brasileiras, observa que a aplicação dos *smart contracts* seria mais interessante em contratos simples, como os de execução instantânea ou diferida, em que seria possível alocar riscos *ex ante*. Portanto, ele afirma que em contratos mais complexos, os quais não seria possível definir os riscos *ex ante*, as empresas não utilizariam a tecnologia.

Do ponto de vista informacional, os *smart contracts* também operam como mecanismos de redução de assimetrias. Isso se deve à transparência inerente aos blockchains – que, por design, permitem o rastreamento público ou privado de todos os eventos associados ao contrato. Cong e He (2018) sustentam que essa visibilidade não apenas inibe condutas oportunistas, como também favorece o monitoramento por terceiros interessados, como auditores, parceiros

comerciais ou órgãos reguladores. Com isso, reduzem-se os custos de verificação e aumenta-se a confiabilidade do ambiente contratual.

Nesse sentido, Mackaay e Rousseau (2015, *apud* Mariani, 2019, p. 42) definem comportamento oportunista como a ação de fazer com que o contratante conclua um acordo que não teria aceitado tão facilmente caso estivesse inteiramente informado – nomeando-o de oportunismo *ex ante* –, ou por modificar, no decorrer da execução, a repartição que fora acordada na conclusão do contrato – nomeando-o de oportunismo *ex post*. Com isso, Mariani (2019, p. 43), citando Mik, afirma que “com *smart contracts*, a “oportunidade de ser apropriar” seria excluída pela lógica intrínseca ao seu funcionamento”.

Assim, Filippi e Wright (2018, *apud* Mariani, 2019, p. 43) dizem o seguinte sobre os custos relacionados ao comportamento oportunista:

Ao diminuir o risco de comportamento oportunista, os *smart contracts* abrem novos caminhos para as relações comerciais, um potencial para uma gama crescente de atividades econômicas entre partes não confiáveis. Ao fornecer garantia de que os termos codificados seriam executados, os *smart contracts* poderiam ser executados entre indivíduos e entidades que não conhecem ou confiam uns nos outros.

Outrossim, estudos empíricos demonstram que os *smart contracts* são utilizados de forma predominante em domínios onde a automação pode gerar ganhos operacionais claros. Bartoletti e Pompianu (2017) analisaram 811 contratos Ethereum com código verificável e 23 contratos Bitcoin, concluindo que a maioria deles concentra-se em serviços financeiros, notariais, contratos de “token” e jogos. Essa predominância revela que a automação é mais vantajosa em cenários com alta repetitividade, regras objetivas e pouca necessidade de flexibilidade interpretativa.

Além disso, os autores identificaram padrões de design que facilitam a reutilização e a segurança dos contratos, como padrões ‘Token’ (para controle de ativos digitais), ‘Oracle’ (para integração com dados externos), ‘Authorization’ (controle de acesso), ‘Time Constraint’ (condições temporais) e ‘Math’ (validações operacionais). A adoção desses padrões por cerca de 80 % dos contratos analisados aponta para uma modularidade que pode reduzir custos de desenvolvimento e aprimorar a previsibilidade do comportamento dos sistemas automáticos (Bartoletti; Pompianu, 2017).

No entanto, é preciso relativizar essa noção de eficiência absoluta. Embora os *smart contracts* tragam ganhos evidentes em termos de automação e previsibilidade, sua operação eficaz depende de premissas específicas. Em primeiro lugar, é necessário que os eventos e condições do contrato sejam objetivamente verificáveis e codificáveis. Como alerta Cardoso

(2022), cláusulas sujeitas a juízo de valor, como "melhor esforço" ou "boa-fé na execução", são incompatíveis com a lógica binária do código computacional. A tentativa de traduzir tais conceitos para linguagem de programação pode levar a interpretações inadequadas ou execuções indevidas.

Além disso, a rigidez do cumprimento automático – uma das principais fontes de eficiência operacional – também é sua maior vulnerabilidade. Mariani (2019) pontua que, em cenários de imprevisibilidade econômica, como crises sanitárias ou alterações legislativas repentinas, a execução cega de cláusulas automatizadas pode resultar em prejuízos desproporcionais às partes. Ao contrário dos contratos tradicionais, nos quais a mediação judicial permite reinterpretação ou revisão de cláusulas em função da equidade ou da função social do contrato, os *smart contracts* tendem a ser inflexíveis e resistentes à adaptação.

É nesse sentido que Mik (2017, apud Mariani, 2019, p. 24) evidencia um grande ponto de limitação dos *smart contracts*:

Os benefícios da auto-execução seriam, afinal, perdidos se fosse possível ou necessário revisar o código para acomodar eventos futuros. É, no entanto, praticamente impossível criar uma lista exaustiva de eventos que possam afetar o funcionamento de um smart contract.

Outro elemento fundamental é a interoperabilidade entre sistemas técnicos e jurídicos. Cong e He (2018) destacam que a efetividade dos *smart contracts* depende da correta integração entre os códigos e os sistemas externos que fornecem dados – os chamados oráculos. Falhas técnicas nesses pontos de entrada de informação comprometem diretamente a execução contratual e, portanto, geram um novo tipo de custo operacional: o custo de integridade de dados. A mitigação desses riscos exige infraestrutura robusta, protocolos de redundância e auditoria, o que pode neutralizar parte da economia pretendida com a automação.

Dessa forma, a análise da eficiência operacional dos *smart contracts* precisa levar em conta o contexto em que são aplicados. Como evidencia Merighi (2023), instrumentos juridicamente inovadores devem ser avaliados não apenas por seu potencial disruptivo, mas por sua aderência aos princípios constitucionais do sistema jurídico. Nesse aspecto, a eficiência não pode ser entendida como sinônimo de velocidade ou economia imediata, mas como a capacidade de cumprir os fins contratuais de forma previsível, segura e equitativa.

Por fim, vale mencionar que a própria implementação e manutenção dos *smart contracts* gera novos tipos de custo – como o custo de auditoria de código, o custo de manutenção de interfaces e o custo de segurança cibernética. Embora muitas vezes negligenciados em análises

preliminares, esses custos são relevantes em projetos de médio e longo prazo e devem ser internalizados na avaliação econômica da tecnologia.

Assim, embora os *smart contracts* representem um avanço importante na busca por contratos mais eficientes e menos onerosos, sua aplicabilidade deve ser cuidadosamente analisada à luz das especificidades do objeto contratual, da complexidade da relação entre as partes e da infraestrutura tecnológica disponível. A automação contratual, por si só, não elimina os custos de transação – ela os reconfigura e os redistribui.

4.2.3 Custos Técnicos e Limitações Tecnológicas

Apesar das promessas de automação e eficiência, os *smart contracts* não estão isentos de desafios técnicos que afetam diretamente sua adoção e funcionalidade. Um dos principais pontos críticos é o custo inicial associado ao seu desenvolvimento. A codificação de contratos autoexecutáveis requer uma equipe multidisciplinar composta por juristas, programadores, especialistas em segurança digital e analistas de dados. Esse processo, longe de ser padronizado, depende de testes rigorosos, validação entre partes e conformidade com normativas jurídicas e técnicas – fatores que aumentam os custos de transação ex ante, conforme tipologia elaborada por Williamson (1985).

Cardoso (2022) destaca que a criação de *smart contracts* seguros e eficientes exige não apenas conhecimento técnico, mas também profundo domínio da lógica jurídica. A simples tradução literal de cláusulas contratuais para uma linguagem de programação não é suficiente para garantir que o contrato funcione como esperado. Questões como ambiguidade semântica, condições implícitas e efeitos jurídicos colaterais são difíceis de expressar em código, o que torna o processo de codificação não trivial. Nessa mesma linha, o TCU (2020, p. 21) ressaltou que “há poucos programadores disponíveis no mercado com conhecimento suficiente para escrever código de contratos inteligentes, o que pode ser um limitador na adoção dessa tecnologia pelo governo”.

Outro fator relevante diz respeito à segurança cibernética. Uma vez implementado em um blockchain público, o *smart contract* torna-se imutável e passível de execução automática por qualquer agente que atenda às condições programadas. Isso significa que eventuais falhas ou vulnerabilidades de código não podem ser corrigidas sem mecanismos de governança preestabelecidos ou cláusulas de exceção técnicas, como funções de reversão. Como observa Cong e He (2018), esse caráter irreversível pode ser duplamente problemático: além de permitir

a exploração de brechas por atacantes mal-intencionados, também pode levar à execução indevida de cláusulas por falha humana ou técnica.

Um exemplo clássico de falha que gerou críticas ao sistema foi o já citado caso “The DAO”. Conforme narra Mariani (2019, p. 34), lançada em maio de 2016, a “The DAO” rapidamente atraiu significativa atenção, arrecadando mais de 150 milhões de dólares em um curto período. No entanto, em junho do mesmo ano, uma falha em seu código foi explorada por um usuário da rede, resultando em uma perda estimada de 60 milhões de dólares à época. Desse modo, uma das críticas que o autor destaca é a da revista *the economist* que afirmou para seus leitores acalmarem os ânimos em relação à tecnologia, pois os melhores usos seriam, por enquanto, mais comuns: depósito, transferência automática de fundos e coisas nessa linha.

A dependência de oráculos confiáveis também representa um gargalo técnico relevante. Como visto em tópicos anteriores, oráculos são ferramentas que permitem a entrada de dados do mundo real no ambiente do blockchain, viabilizando, por exemplo, que um contrato reaja ao recebimento de um pagamento bancário ou à variação de um índice econômico. Cardoso (2022, p. 142) alerta que, na prática, os oráculos funcionam como “pontes de confiança” e, portanto, reintroduzem elementos de centralização e vulnerabilidade. Uma falha no oráculo – seja por erro de codificação, manipulação externa ou inconsistência nos dados – pode invalidar toda a lógica do contrato e, inclusive, gerar alguma responsabilização judicial.

A pesquisa de Bartoletti e Pompianu (2017) também evidencia que a maioria dos *smart contracts* utiliza múltiplos padrões combinados – como ‘Oracle + Authorization’ ou ‘Token + Time Constraint’ – resultando em código mais extenso e complexo, o que eleva os custos de auditoria e testes e aumenta a probabilidade de erros. Além disso, mesmo contratos modestos utilizam padrões que tratam de controle de acesso e recursos de tempo, exigindo lógica específica que, se mal implementada, pode causar falhas operacionais ou vulnerabilidades (Bartoletti; Pompianu, 2017).

Ainda nessa perspectiva, há o problema da interoperabilidade entre sistemas. O funcionamento pleno de um *smart contract* muitas vezes exige conexão com outros sistemas corporativos (como ERPs²⁸, bancos de dados, APIs públicas ou privadas). Essa necessidade impõe custos de integração, manutenção e auditoria contínua.

²⁸ “ERP significa planejamento de recursos empresariais (*enterprise resource planning*, em inglês). É um sistema de software que inclui todas as ferramentas e os processos necessários para administrar uma empresa com sucesso, incluindo as áreas de RH, manufatura, cadeia de suprimentos, finanças, contabilidade e muitas outras” (Oracle, 2025).

Ademais, outro desafio pouco explorado, mas igualmente importante, é a limitação da escalabilidade em algumas plataformas de blockchain. Redes públicas como Ethereum, por exemplo, ainda enfrentam limitações técnicas quanto à velocidade de processamento de transações e à elevação das taxas de gás (*gas fees*)²⁹ em momentos de alta demanda. Isso afeta diretamente o custo operacional por transação, reduzindo a previsibilidade financeira e, portanto, o grau de eficiência esperado da automação contratual (Cong; He, 2018).

Há, ainda, um componente regulatório envolvido: a ausência de normas claras e padronizadas para o uso jurídico dos *smart contracts* em muitos sistemas jurídicos ocidentais adiciona um custo de incerteza. Merighi (2023) destaca que, no Brasil, por exemplo, ainda não há jurisprudência consolidada ou legislação específica que regule expressamente a validade, eficácia ou execução de contratos puramente digitais ou autoexecutáveis. Essa lacuna normativa faz com que muitas empresas hesitem em adotar plenamente os *smart contracts*, receando eventuais litígios ou nulidades em caso de disputa judicial.

Em suma, os custos técnicos e limitações tecnológicas dos *smart contracts* não devem ser subestimados. Embora possam representar um ganho operacional significativo em contextos específicos, sua implementação exige investimentos iniciais elevados, gestão de riscos técnicos e um grau de maturidade institucional e regulatória ainda em desenvolvimento. A AED, ao incorporar esses custos na equação contratual, permite uma análise mais realista e menos entusiástica da suposta eficiência automatizada desses instrumentos jurídicos disruptivos.

4.2.4 Eficiência Institucional e Impactos Jurídicos

A eficiência de um contrato não pode ser avaliada exclusivamente com base em critérios operacionais ou técnicos. Conforme aponta Mattos (2014), a Análise Econômica do Direito exige uma abordagem abrangente, que incorpore elementos institucionais e normativos no exame das soluções jurídicas. Nesse sentido, os *smart contracts*, embora eficientes sob a ótica da automação, precisam ser confrontados com os valores, princípios e estruturas do sistema jurídico no qual pretendem operar. Essa análise institucional é essencial para evitar conclusões distorcidas sobre sua eficácia social e jurídica.

²⁹ No contexto da blockchain Ethereum, as taxas de gás (*gas fees*) representam o custo necessário para realizar qualquer operação na rede, como executar um *smart contract* ou transferir tokens. O "gás" funciona como uma unidade que mede o esforço computacional exigido para processar transações e armazenar dados. Quanto maior a complexidade da operação, maior será a quantidade de gás exigida. Além disso, o preço do gás pode variar conforme a demanda da rede: em momentos de congestionamento, essas taxas aumentam significativamente, impactando a viabilidade econômica da automação contratual (Litslink, 2024).

Como já visto em capítulos anteriores, um dos principais desafios institucionais enfrentados pelos *smart contracts* é sua compatibilidade com os princípios fundamentais do Direito Contratual. Em especial, a rigidez da autoexecução pode entrar em conflito com institutos jurídicos tradicionais, como a revisão contratual por onerosidade excessiva, a aplicação do princípio da função social do contrato, a boa-fé objetiva e a vedação ao enriquecimento sem causa. Esses institutos funcionam como mecanismos de correção e equilíbrio em relações contratuais desequilibradas, e sua ausência em contratos automatizados pode gerar iniquidades substanciais (Cardoso, 2022).

A ausência de margem interpretativa nos *smart contracts* os distancia do modelo contratual baseado na confiança relacional e na flexibilidade, características essenciais da tradição civilista. Ao automatizar integralmente a execução, os *smart contracts* eliminam o espaço para renegociação espontânea, adaptação às mudanças de contexto ou mesmo ponderação judicial. Como observa Mariani (2019, p. 35), citando Filippi e Wright, “sistemas implantados em uma *blockchain* – dependendo principalmente ou exclusivamente em *lex cryptographica* – serão mais difíceis de controlar e regular (...)”, o que pode ser problemático em um sistema jurídico que valoriza a razoabilidade e o equilíbrio contratual.

Além disso, a efetividade dos *smart contracts* depende da aceitação institucional de seus efeitos jurídicos. No Brasil, por exemplo, apesar de existirem estudos e tentativas de implementação como a do Novo Código Civil, ainda não há legislação específica que regulamente o reconhecimento e a execução de contratos autoexecutáveis, tampouco há jurisprudência consolidada sobre sua validade. Isso introduz um risco jurídico importante: a incerteza quanto ao *enforcement* de cláusulas que, embora executadas tecnicamente, podem ser contestadas judicialmente por ofensa a princípios normativos superiores (Mariani, 2019).

Outro ponto de tensão é a responsabilidade por falhas na execução. Em contratos tradicionais, a responsabilidade por inadimplemento é juridicamente atribuída à parte faltosa. Já nos *smart contracts*, a execução é automática e depende da codificação e dos dados fornecidos pelos oráculos. Como bem colocam Talamine e Cardoso (2023), há dificuldade em estabelecer responsabilidade quando a decisão executória é tomada por um sistema automatizado. Isso pode gerar lacunas na responsabilização e comprometer a confiança das partes na eficácia da solução.

No plano institucional mais amplo, os *smart contracts* também desafiam as estruturas tradicionais de governança contratual. Instituições como o Poder Judiciário, os cartórios e os mecanismos de mediação e arbitragem são parcialmente deslocados por um sistema que opera com base em regras técnicas e consenso descentralizado. Essa transformação, embora

tecnicamente atraente, pode gerar efeitos colaterais importantes na estrutura institucional do Direito, fragilizando mecanismos de controle, proteção e adaptação das normas às particularidades do caso concreto. Em razão disso que estudos como o do TCU, no acórdão 1613 de 2020, são importantes, pois possibilitam avaliar se essa tecnologia contribui ou não para a eficiência das instituições.

Cabe destacar que a eficiência institucional não está relacionada apenas à velocidade ou ao custo da execução contratual, mas à capacidade do sistema jurídico de assegurar segurança jurídica, previsibilidade e justiça. Em outras palavras, uma solução tecnicamente funcional pode ser institucionalmente ineficiente se não for capaz de integrar-se de maneira harmônica às estruturas jurídicas existentes. A AED, ao considerar os custos de adaptação institucional, oferece um instrumento valioso para avaliar o real impacto dos *smart contracts* na ordem jurídica.

Por isso, a adoção desses contratos deve ser acompanhada por reformas institucionais e regulamentações específicas que definam critérios mínimos de validade, requisitos de segurança e mecanismos de controle. Experiências internacionais, como a do estado de Vermont (EUA), que reconheceu legalmente a validade de registros em blockchain, ou os avanços regulatórios em Singapura e Suíça, demonstram que a integração entre inovação tecnológica e estabilidade institucional é possível – desde que conduzida com cautela, clareza normativa e diálogo entre os atores jurídicos e técnicos. Nessa perspectiva, Teixeira e Mazzitelli (2025, p. 12) afirmam o seguinte:

Em alguns estados EUA (como Vermont e Illinois) foram aprovadas legislações reconhecendo registros em blockchain e conduzidos pilotos para notariação digital de documentos e registros de propriedades; Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, anunciou planos ambiciosos de migrar todos os registros governamentais (inclusive de imóveis) para plataformas blockchain visando uma administração “paperless”. Cada iniciativa traz aprendizados sobre benefícios e obstáculos, mas o denominador comum é o reconhecimento de que a blockchain pode agregar valor onde há necessidade de registros perenes, confiáveis e verificáveis por múltiplas partes.

Dessa forma, a eficiência dos *smart contracts* só pode ser considerada plena se eles forem compatíveis com os princípios fundamentais do sistema jurídico, se contarem com reconhecimento legal expresso e se operarem em um ambiente institucional que garanta sua previsibilidade e legitimidade. Caso contrário, sua utilização pode gerar não apenas novos custos de transação, mas também riscos de ineficiência institucional e insegurança jurídica.

4.2.5 Avaliação Comparativa e Aplicações Setoriais

Após a análise conceitual e operacional dos custos de transação e dos aspectos institucionais, torna-se relevante apresentar uma avaliação comparativa entre os contratos tradicionais e os *smart contracts*, com base nos critérios estabelecidos pela Análise Econômica do Direito. A comparação deve considerar os diferentes tipos de eficiência envolvidos (técnica, institucional e econômica), bem como os contextos específicos em que cada modelo se mostra mais vantajoso.

Tabela 1 – Comparação entre contratos tradicionais e *smart contracts*

Critério	Contratos Tradicionais	<i>Smart Contracts</i>
Intermediação	Alta (cartórios, advogados, judiciário)	Baixa (execução automática via blockchain)
Custo de execução	Elevado (especialmente em caso de litígio)	Baixo (execução automatizada)
Flexibilidade interpretativa	Alta	Baixa
Custo inicial de implementação	Moderado	Alto (codificação, testes, segurança)
Necessidade de oráculos	Não aplicável	Alta (dados externos essenciais)
Adequação a contratos complexos	Alta	Limitada
Transparência e auditabilidade	Variável	Alta

Fonte: construído pelo autor a partir da análise dos tópicos 4.2.1 a 4.2.4.

A partir do observado na tabela 1 é possível sintetizar os principais contrastes entre contratos tradicionais e *smart contracts* quanto à eficiência contratual. Nota-se que os contratos tradicionais envolvem alta intermediação e custos de execução mais elevados, enquanto os *smart contracts* se destacam pela execução automatizada e menor custo *ex post*. Por outro lado,

os contratos convencionais apresentam maior flexibilidade interpretativa e melhor adequação a relações complexas, ao passo que os contratos digitais são mais transparentes, mas limitados na incorporação de cláusulas abertas. Além disso, os *smart contracts* exigem alto custo inicial de implementação e dependem de oráculos externos, o que pode introduzir novos riscos à operação.

Com isso, a análise do quadro revela que os *smart contracts* tendem a ser mais vantajosos em contratos padronizados, de alta recorrência e baixa variabilidade, como ocorre em setores como logística, cadeia de suprimentos, serviços financeiros, seguros e operações de câmbio automatizadas. Nesses casos, o ganho de eficiência é evidente, pois as partes envolvidas buscam previsibilidade, redução de custos operacionais e eliminação de intermediários.

Nesse sentido, e com base na dissertação de Stephanie Trindade Cardoso (2022), é possível identificar diversas aplicações práticas dos *smart contracts*, especialmente em setores como energia, logística, registros públicos e finanças, tanto públicas quanto privadas. A autora destaca que os *smart contracts* não apenas executam contratos tradicionais de forma automatizada, mas também são utilizados como infraestrutura para a criação de outros *smart contracts*, por meio das chamadas “bibliotecas”, que reúnem funções reutilizáveis por diferentes contratos dentro de um mesmo ecossistema (Cardoso, 2022, p. 43).

Uma aplicação recorrente mencionada por Cardoso é a tokenização de ativos, ou seja, a representação digital de bens físicos ou intangíveis por meio de *tokens* emitidos via *smart contracts*. Esses *tokens* podem representar desde criptomoedas até obras de arte ou imóveis, e já foram adotados em iniciativas como o BNDES Token, criado para monitorar e dar transparência à destinação de recursos públicos (Cardoso, 2022, p. 43).

Outra implementação prática relevante se deu nos cartórios brasileiros, por meio do uso da tecnologia blockchain Hyperledger Fabric e do sistema e-Notariado. Essa iniciativa, viabilizada pelo Provimento nº 100/2020 da Corregedoria Nacional de Justiça (CNJ), permitiu a autenticação digital de documentos com uso de *smart contracts*, contribuindo com a validação de mais de 410 mil páginas em apenas um ano (Cardoso, 2022, p. 44).

A autora também destaca a proposta do Banco Central do Brasil de implementar o Real Digital, uma moeda digital oficial (CBDC – Central Bank Digital Currency) baseada em blockchain e *smart contracts*, prevista para circular simultaneamente às cédulas físicas. Essa inovação está associada ao Projeto de Lei Complementar 9/2022 e reforça a adesão institucional à tecnologia no Brasil (Cardoso, 2022, p. 44).

No setor energético, Cardoso menciona casos como o da empresa Transactive Grid, que viabiliza a venda de energia excedente por meio de blockchain, e o uso de VPPAs (Virtual

Power Purchase Agreements), contratos que se beneficiam da automação promovida pelos *smart contracts*, especialmente para registrar e ajustar variações entre o preço de mercado e os valores contratuais (Cardoso, 2022, p. 45).

A logística é outro campo fértil. Os contratos de compra e venda, fornecimento e distribuição podem se beneficiar da automação de processos logísticos e do controle rigoroso de dados promovido pelos *smart contracts*. Isso se reflete, por exemplo, em contratos eletrônicos que permitem o rastreamento em tempo real da entrega de mercadorias, como a solução desenvolvida pela empresa Q3 Technologies no setor de varejo (Cardoso, 2022, p. 46-47).

Ainda no comércio internacional, a autora destaca os contratos de compra e venda agrícola, como o acordo celebrado em 2018 entre Louis Dreyfus e Bohi, e a experiência da Cargill com a Agropur, nas quais plataformas blockchain especializadas foram criadas para agilizar e tornar mais seguras transações que antes levariam semanas (Cardoso, 2022, p. 46).

Por fim, Cardoso aponta também o uso de *smart contracts* em contratos colaborativos, como o *crowdfunding*, em que a automação garante a execução conforme metas e condições pré-estabelecidas, tornando o processo mais transparente e confiável para todos os envolvidos (Cardoso, 2022, p. 46).

Além disso, a análise empírica de Bartoletti e Pompianu (2017) também contribui para delimitar as áreas mais propensas à adoção eficiente dos *smart contracts*. Os autores identificaram que os contratos mais comuns na Ethereum pertencem a categorias como serviços financeiros, jogos, controle de ativos digitais (*tokens*) e registros notariais. Tais áreas compartilham características importantes: alta repetitividade, baixa necessidade de interpretação contextual e elevada importância da confiança automatizada. Isso reforça a ideia de que os *smart contracts* se mostram mais eficazes quando empregados em ambientes operacionais fechados, com variáveis previsíveis e pouco espaço para controvérsia jurídica.

Outro dado relevante da pesquisa empírica diz respeito à frequência de uso de certos padrões, como *authorization* e *oracle*. Cerca de 80% dos contratos analisados utilizavam algum desses padrões, o que revela uma tendência de padronização funcional no ecossistema de *smart contracts*. Essa padronização favorece a redução dos custos de desenvolvimento e aumenta a previsibilidade operacional, mas também limita a flexibilidade e aumenta o custo de adaptação a contextos regulatórios variados. Em setores mais regulados ou sujeitos a maior variação contratual – como saúde, trabalho e consumo – essa rigidez pode representar um obstáculo à adoção efetiva da tecnologia.

Ou seja, em contratos complexos, com cláusulas subjetivas ou que envolvem partes em assimetria jurídica significativa – como consumidores e empresas, relações familiares ou contratos de trabalho –, os contratos tradicionais ou híbridos ainda se mostram mais adequados. Isso se deve à necessidade de interpretação contextual, aplicação de princípios jurídicos e intervenção judicial quando necessário. Merighi (2023) adverte que a tentativa de substituir completamente esses instrumentos por códigos imutáveis pode comprometer direitos fundamentais e gerar desequilíbrios contratuais graves.

Além disso, a escalabilidade dos *smart contracts* ainda enfrenta limitações técnicas. Cong e He (2018) ressaltam que plataformas públicas como Ethereum, embora avançadas, não conseguem sustentar transações em larga escala sem aumento significativo nas taxas (gas fees) e nos tempos de confirmação. Isso inviabiliza, por ora, sua adoção irrestrita em contextos que exigem alto volume de operações simultâneas.

Outrossim, a adoção de *smart contracts* também requer infraestrutura tecnológica mínima, acesso à internet estável e conhecimento técnico básico por parte das partes contratantes. Essas exigências representam barreiras relevantes à inclusão digital e jurídica, especialmente em países em desenvolvimento.

Nessa perspectiva, o Tribunal de Contas da União, no Acórdão nº 1613/2020, identificou seis fatores essenciais que devem ser considerados antes da implementação de projetos com tecnologias blockchain ou DLT. A primeira preocupação diz respeito ao domínio técnico: por ser uma tecnologia relativamente nova, é comum que faltem profissionais qualificados. Por isso, é indispensável investir na capacitação das equipes de TI ou buscar especialistas que conheçam o funcionamento das redes distribuídas e a lógica dos *smart contracts*.

Também é importante justificar com clareza o uso da tecnologia. O entusiasmo com inovações não pode substituir uma análise realista: é preciso entender se a blockchain realmente traz vantagens em relação às soluções já existentes. Isso envolve avaliar o impacto no negócio, o valor gerado para o cidadão e até a possibilidade de eliminar intermediários, o que está no próprio espírito das redes descentralizadas.

Outro ponto diz respeito à integração da solução com os sistemas legados. Dificilmente um projeto blockchain funcionará de forma totalmente isolada, então é necessário planejar como os dados vão circular entre a nova rede e as bases já existentes, além de decidir quais informações devem ficar dentro ou fora da cadeia de blocos, respeitando critérios como segurança e transparência.

Como se trata de uma tecnologia ainda em fase de amadurecimento, o TCU (2020) recomenda que a adoção seja gradual. De acordo com o acórdão, começar pequeno, com provas

de conceito ou protótipos, ajuda a testar a viabilidade, entender os desafios técnicos e reduzir riscos antes de investir mais pesado.

Além disso, a colaboração é fundamental. Quanto mais atores participam da rede, mais forte ela se torna. No setor público, isso implica na construção de uma governança que envolva diferentes instituições de forma equilibrada, com regras claras para tomada de decisão, participação e evolução da rede.

Por fim, o sucesso da blockchain em ambientes colaborativos depende diretamente de como a governança do consórcio é organizada. Definir os papéis de cada participante, os processos de deliberação e os mecanismos de atualização da rede é essencial para garantir estabilidade, participação equitativa e sustentabilidade do projeto.

Portanto, a escolha entre contratos tradicionais, *smart contracts* ou modelos híbridos deve ser orientada por critérios objetivos: natureza da obrigação, grau de previsibilidade do contrato, frequência da relação, equilíbrio entre as partes, necessidade de flexibilidade e maturidade institucional.

Conclui-se que os *smart contracts* não devem ser vistos como substitutos absolutos dos contratos tradicionais, mas como ferramentas complementares, especialmente úteis em nichos específicos. Seu potencial de eficiência é inegável, mas seus riscos, limitações e implicações jurídicas exigem um processo de adoção gradual, crítico e institucionalmente respaldado.

5 CONCLUSÃO

A presente monografia teve como objetivo investigar, sob os ângulos jurídico, tecnológico e econômico, os impactos dos *smart contracts* no ordenamento brasileiro, com especial atenção à sua compatibilidade com os princípios fundamentais do Direito Contratual e à sua análise à luz da Análise Econômica do Direito (AED). Partindo de uma problematização que envolvia tanto os aspectos dogmáticos quanto os institucionais e econômicos da automação contratual, buscou-se responder à seguinte questão: em que medida os *smart contracts* podem ser compatibilizados com os fundamentos estruturantes do Direito Contratual brasileiro e, sob a perspectiva da Análise Econômica do Direito, contribuir para a redução dos custos de transação e a mitigação das assimetrias informacionais nas relações obrigacionais?

Para tanto, o trabalho foi dividido em três capítulos. O primeiro capítulo analisou os fundamentos dogmáticos dos contratos inteligentes, situando-os no interior do Direito Contratual. Concluiu-se que, embora não sejam contratos no sentido jurídico-estrutural completo, os *smart contracts* podem operar como ferramentas de execução automatizada

vinculadas a contratos jurídicos tradicionais. Sua validade e eficácia, portanto, devem ser avaliadas à luz dos requisitos previstos na legislação civil, especialmente quanto à manifestação de vontade, à licitude do objeto e à possibilidade de integração com cláusulas interpretáveis.

O segundo capítulo abordou a infraestrutura tecnológica dos *smart contracts*, centrando-se na tecnologia blockchain. Observou-se que as propriedades de imutabilidade, descentralização e rastreabilidade conferem elevado grau de segurança técnica às transações. No entanto, essa mesma rigidez gera limitações práticas e jurídicas, como a dificuldade de revisar cláusulas executadas automaticamente, a vulnerabilidade a falhas de oráculos e a ausência de mecanismos internos de reversão. Embora a blockchain proporcione trilhas auditáveis e reduza a necessidade de intermediários, ela não substitui o papel das instituições jurídicas na proteção da confiança, da equidade e da adaptabilidade contratual.

No terceiro capítulo, foram aplicados os pressupostos da AED para avaliar se os *smart contracts* promovem uma redução eficiente dos custos de transação e das assimetrias informacionais. Partindo da teoria de Coase e dos desenvolvimentos posteriores de Williamson, Posner e Cooter & Ulen, demonstrou-se que os *smart contracts* podem, de fato, reduzir custos *ex post* (como fiscalização e *enforcement*) e oferecer maior previsibilidade em relações padronizadas. Entretanto, os ganhos de eficiência não são universais. Custos técnicos de codificação, riscos de erro, falhas de integração com sistemas externos e incertezas regulatórias devem ser contabilizados como novas formas de custo de transação, reconfigurando – mas não eliminando – esses custos contratuais tradicionais.

Do ponto de vista institucional, identificou-se que a plena adoção dos *smart contracts* depende da construção de um arcabouço jurídico adequado. A ausência de normas específicas e de jurisprudência consolidada no Brasil representa um fator de incerteza, especialmente em contratos de maior complexidade ou com partes em situação de vulnerabilidade. A experiência internacional sugere que a integração gradual, com marcos regulatórios claros e diálogo entre os setores jurídico e técnico, aparenta ser o caminho mais promissor.

Assim, conclui-se que os *smart contracts* não devem ser entendidos como substitutos integrais dos contratos tradicionais, mas como ferramentas complementares, dotadas de grande potencial para certos setores econômicos. Sua aplicação é particularmente eficiente em contextos de baixa complexidade, alta padronização e grande volume transacional – como ocorre em cadeias logísticas, seguros automatizados, plataformas DeFi e sistemas de pagamentos digitais.

Por fim, retoma-se a advertência de Flávio Tartuce (2025, p. 67): “à luz da personalização e constitucionalização do Direito Civil, pode-se afirmar que a real função do

contrato não é a segurança jurídica ou a proteção excessiva e cega do mercado, mas sim atender os interesses da pessoa humana”. Com base nessa premissa, entende-se que a automação contratual deve ser calibrada por critérios jurídicos e sociais, e não apenas técnicos ou econômicos. O desafio contemporâneo é, portanto, garantir que os ganhos de eficiência proporcionados pela tecnologia sejam compatíveis com a promoção da justiça contratual e da dignidade das partes envolvidas.

REFERÊNCIAS

- ALHARBY, Maher; VAN MOORSEL, Aad. **Blockchain-based smart contracts: A systematic mapping study**. *arXiv preprint*, arXiv:1710.06372, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1710.06372.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- AMAZON WEB SERVICES. **O que é intercâmbio eletrônico de dados (EDI)?** Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/electronic-data-interchange/>. Acesso em: 7 jul. 2025.
- BARTOLETTI, Massimo; POMPIANU, Livio. **An empirical analysis of smart contracts: platforms, applications, and design patterns**. In: *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*. Springer, Cham, 2017. p. 494–509. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1703.06322>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 12 set. 1990. Acesso em: 20 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 11 jan. 2002. Acesso em: 20 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014**. Estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 151, n. 78, p. 1, 24 abr. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/112965.htm. Acesso em: 7 jul. 2025. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 157, p. 1, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm. Acesso em: 7 jul. 2025.
- BRASIL. **Projeto de Lei nº 4, de 2025**. Dispõe sobre a atualização da Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Código Civil), e da legislação correlata. *Diário do Senado Federal*, Brasília, DF, 5 fev. 2025. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br>. Acesso em: 7 jul. 2025.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão nº 1613/2020** – Plenário. Relator: Ministro Augusto Nardes. Brasília, DF: TCU, 2020. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- CARDOSO, Stephanie Trindade. **Smart contracts: caracterização e aplicação no direito contratual brasileiro**. 2022. Dissertação (Mestrado em Direito Civil) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2131/tde-16112022-130402/publico/6767601MIO.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- COASE, Ronald H. **A Firma, o Mercado e o Direito** - Coleção Paulo Bonavides - 3ª Edição 2022. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022. E-book. p.9. ISBN 9786559644964. Disponível

em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559644964/>. Acesso em: 06 jun. 2025.

COASE, Ronald H. **The Problem of Social Cost**. *Journal of Law and Economics*, v. 3, p. 1–44, 1960. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/724810>. Acesso em: 25 jun. 2025.

CONG, Lin William; HE, Zhiguo. **Blockchain Disruption and Smart Contracts**. *NBER Working Paper* No. 24399, Cambridge, 2018. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w24399>. Acesso em: 19 jun. 2025.

COOTER, Robert; ULEN, Thomas. **Law and Economics**. 6. ed. Berkeley: Berkeley Law Books, 2016. Disponível em: <http://scholarship.law.berkeley.edu/books/2>. Acesso em: 7 jul. 2025.

COSTA, Mariana Fontes da. **Decentralized smart contracts**: entre a autotutela preventiva e a heterotutela reconstitutiva. In: LUPION, Ricardo; ARAUJO, Fernando (org.). *Direito, tecnologia e empreendedorismo: uma visão luso-brasileira*. Porto Alegre: Editora Fi, 2020. Acesso em: 25 jun. 2025

DICIONÁRIO JURÍDICO. **Solutio per aes et libram**. Disponível em: <https://dicionarijuridico.com.tourb.com.br/latim-juridico/s/solutio-per-aes-et-libram/>. Acesso em: 7 jul. 2025.

DICIONÁRIO JURÍDICO. **Stipulatio**. Disponível em: <https://dicionarijuridico.com/latim-juridico/s/stipulatio/>. Acesso em: 7 jul. 2025.

DINIZ, Maria H. **Curso de Direito Civil Brasileiro - Vol.3 - 41ª Edição** 2025. 41. ed. Rio de Janeiro: SRV, 2025. E-book. p.7. ISBN 9788553627141. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788553627141/>. Acesso em: 06 jun. 2025.

FUNDACIÓN MAPFRE. **Rebus sic stantibus**. Dicionário MAPFRE de Seguros. Disponível em: <https://www.fundacionmapfre.com.br/publicacoes/dicionario-mapfre-seguros/rebus-sic-stantibus/>. Acesso em: 7 jul. 2025.

GOMES, Orlando. **Contratos** - 28ª Edição 2022. 28. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022. E-book. p.54. ISBN 9786559645640. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559645640/>. Acesso em: 06 jun. 2025.

LITSLINK. **Quanto custa implantar um smart contract?** 2024. Disponível em: https://litslink-com.translate.google/blog/cost-to-deploy-smart-contract?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge. Acesso em: 7 jul. 2025.

MARIANI, Orontes Pedro Antunes. **O uso de smart contracts entre empresas**: uma abordagem de direito e economia. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2019. Acesso em: 20 jun. 2025

MATTOS, César. **Análise econômica do direito**. Brasília: SEAE – Secretaria de Acompanhamento Econômico, 2014. Acesso em: 2 jul. 2025.

MERIGHI, Ronaldo Guaranha. **Smart Contracts**: algumas linhas sobre a perspectiva do direito contratual brasileiro. *Themis Revista Jurídica*, v. 4, n. 6, p. 65-92, 2023. Acesso em: 2 jun. 2025.

NAKAMOTO, Satoshi. **Bitcoin**: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [S. l.], 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2025.

NORTH, Douglass C. **Institutions**. *Journal of Economic Perspectives*, v. 5, n. 1, p. 97–112, 1991. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.5.1.97>. Acesso em: 7 jul. 2025.

ORACLE. O que é ERP? **Oracle Brasil**, [2024]. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/erp/what-is-erp/>. Acesso em: 7 jul. 2025.

REY, Feliu Jorge. **Smart contract**: conceito, ecossistema e principais questões de direito privado. (Traduzido por Eleonora Jotz e Marcos Catalan). *Revista Eletrônica Direito e Sociedade*, Canoas, v. 7, n. 3, 2019. Acesso em: 2 jun. 2025.

TALAMINI, Eduardo; CARDOSO, André Guskow. **Smart contracts, “autotutela” e tutela jurisdicional**. *Revista do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro*, nº 89, jul/set 2023. p. 45-93, 2023. Acesso em: 2 jun. 2025.

TARTUCE, Flávio. **Direito Civil** - vol. 3 - 20ª Edição 2025. 20. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2025. E-book. p.56. ISBN 9788530996307. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788530996307/>. Acesso em: 06 jun. 2025.

TEIXEIRA, Stephano Giacomini; MAZZITELLI, Máira Martins Crespo. **A aplicação da tecnologia blockchain nos registros públicos**: potencialidades e desafios na integração extrajudicial no Brasil. *Revista Gestão e Conhecimento*, v. 19, n. 1, p. 01-37, 2025. DOI: 10.55908/RGCV19N1-021. Acesso em: 5 jul. 2025.

TEPEDINO, Gustavo; KONDER, Carlos N.; BANDEIRA, Paula G. **Fundamentos do Direito Civil** - Vol. III - Contratos - 5ª Edição 2024. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2024. E-book. p.3. ISBN 9788530994518. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788530994518/>. Acesso em: 06 jun. 2025.

WILLIAMSON, Oliver E. **The Economic Institutions of Capitalism**: firms, markets, relationsl contracting. London: Collier Macmillan Publishers, 1985.