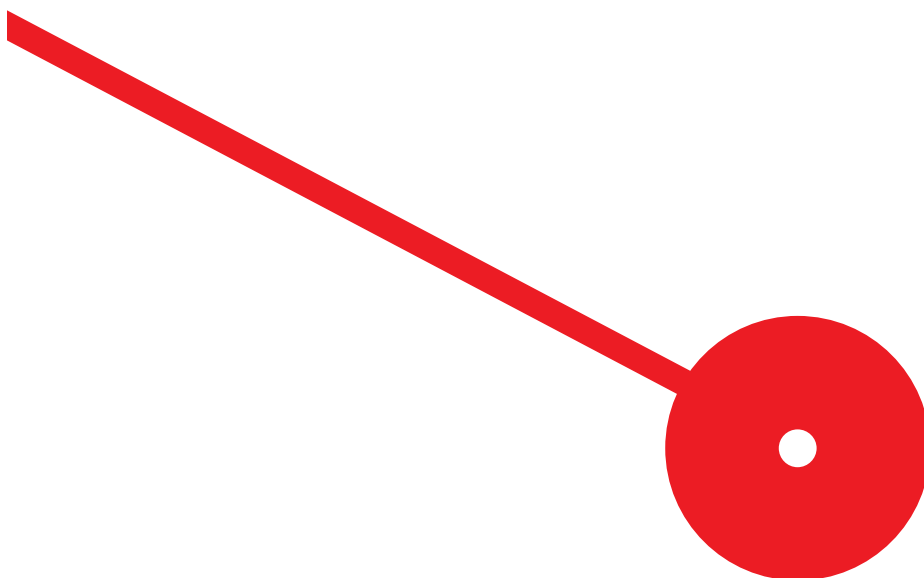




Impacto da *Blockchain* nas áreas de Contabilidade e Finanças

Rúben André Magalhães da Silva

10/2025

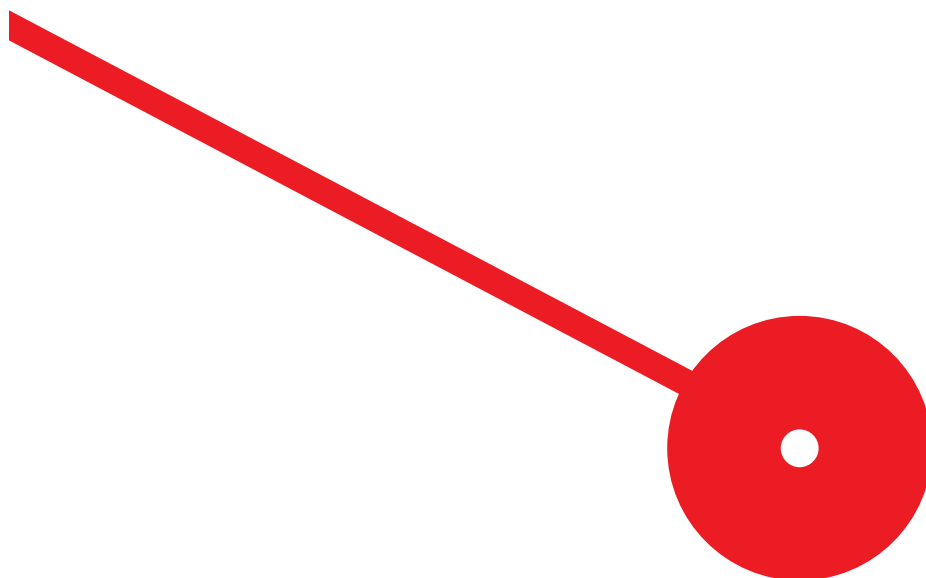




Impacto da *Blockchain* nas áreas de Contabilidade e Finanças

Rúben André Magalhães da Silva

Dissertação de Mestrado
apresentado ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração
do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Contabilidade e
Finanças sob orientação do Dr. Rui Bertuzi



Agradecimentos

Expresso o meu reconhecimento ao orientador e à instituição de ensino pelo enquadramento científico, pelo acompanhamento sistemático e pela disponibilidade para discutir ideias em momentos decisivos do percurso. Agradeço aos docentes e aos colegas pelas observações críticas que contribuíram para o aperfeiçoamento metodológico e para a robustez da análise. Reconheço o apoio da família e dos amigos, cuja paciência, incentivo e compreensão permitiram manter o foco e concluir esta dissertação. Dirijo ainda um agradecimento às pessoas e às equipas que disponibilizaram relatórios, documentos técnicos e estudos de caso utilizados nesta investigação, os quais foram essenciais para a construção da base empírica.

Resumo:

O presente estudo analisa o impacto da tecnologia *Blockchain* e dos *Smart Contracts* na contabilidade, no relato financeiro e também na auditoria. O objetivo central é desenvolver um quadro conceptual que relacione os mecanismos técnicos da *Blockchain* com os seus efeitos práticos, avaliando o seu potencial para reforçar a rastreabilidade, a fiabilidade e a tempestividade da informação financeira.

A investigação adota uma metodologia em duas etapas. Numa primeira etapa, realiza-se uma revisão da literatura para estabelecer a fundamentação teórica sobre a tecnologia e o enquadramento normativo (IAS/IFRS, ISA). Numa segunda etapa, procede-se a um estudo de casos múltiplos de natureza exploratória, analisando sete iniciativas empresariais em setores como o agroalimentar, a logística e a indústria farmacêutica, para traduzir o potencial tecnológico em implicações contabilístico-financeiras concretas.

Os resultados demonstram melhorias na qualidade e tempestividade da informação, a redução de reconciliações manuais. Evidenciam-se implicações diretas nas normas IAS 2, IFRS 15, IAS 37 e ISA 500, bem como desafios relacionados com a governação, a interoperabilidade e os custos de adoção. O estudo conclui propondo um quadro conceptual que mapeia os mecanismos da *Blockchain* a impactos mensuráveis e recomenda indicadores para a sua avaliação, contribuindo para a consolidação de práticas de reporte mais fiáveis e transparentes.

Palavras chave: *Blockchain*; Rastreabilidade; *Smart Contracts*; Contabilidade

Abstract:

This study examines the impact of *Blockchain* technology and *Smart Contracts* on accounting, financial reporting, and auditing. The main objective is to develop a conceptual framework that connects *Blockchain*'s technical mechanisms to their practical effects, assessing their potential to strengthen the traceability, reliability, and timeliness of financial information.

The research adopts a two-phase methodology. The first phase consists of a literature review to establish the theoretical foundation of the technology and the relevant normative framework (IAS/IFRS, ISA). The second phase employs an exploratory multiple case study, analyzing seven business initiatives in sectors such as agri-food, logistics, and pharmaceuticals, to translate the technology's potential into concrete accounting and financial implications.

The results reveal improvements in the quality and timeliness of financial information, a reduction in manual reconciliations. The analysis highlights direct implications for standards such as IAS 2, IFRS 15, IAS 37, and ISA 500, as well as challenges related to governance, interoperability, and adoption costs. The study concludes by proposing a conceptual framework that maps *Blockchain* mechanisms to measurable impacts and recommends indicators for their assessment, contributing to the consolidation of more reliable and transparent reporting practices.

Key words: *Blockchain*; *Smart Contracts*; Traceability; Accounting; Financial Reporting; Auditing.

Índice

Capítulo - Introdução	1
Capítulo I – Revisão de Literatura	5
1.1 Fundamentos e Estrutura da Tecnologia <i>Blockchain</i>	7
1.1.1 Conceitos essenciais, propriedades e participantes	8
1.1.2 <i>Distributed Ledger Technology</i> (DLT) e <i>Blockchain</i> : distinção conceptual 9	
1.1.3 Arquiteturas de sistemas e taxonomias de <i>Blockchain</i>	10
1.1.4 Algoritmos de consenso distribuído	12
1.2 Fundamentos e Estrutura da Tecnologia <i>Blockchain</i>	16
1.3 Contribuições da tecnologia Blockchain para a Contabilidade e Relato Financeiro.....	18
1.3.1 Transformação dos sistemas contabilísticos.....	19
1.3.2 Controlo interno e gestão do risco	19
1.3.3 Auditoria e monitorização contínua	20
1.4 Inovação financeira e modelos emergentes	20
Capítulo II – Enquadramento Normativo	22
2. Estrutura e princípios do relato financeiro internacional.....	23
2.1 Normas-chave de relato financeiro.....	24
2.2 Normas internacionais de auditoria e controlo	26
2.3 Articulação entre relato financeiro e auditoria	27
2.4 Síntese e implicações.....	29
Capítulo III – Metodologia	31
3. Metodologia.....	32
3.1 Questões de Investigação e Estrutura Metodológica.....	32
3.2 Análise dos conteúdos e triangulação dos dados.....	32

Capítulo IV – Análise e Discussão dos Dados	35
4. Análise de Casos Empresariais e Implicações Contabilístico-Financeiras	36
4.1 Introdução e enquadramento conceptual	36
4.2 Quadro normativo de referência: IFRS, ISA e controlo interno.....	36
4.3 Cadeia agroalimentar: IBM Food Trust, Walmart e Carrefour	37
4.3.1 IBM Food Trust e a redução drástica do tempo de rastreio.....	37
4.3.1.1 Contexto e desafio empresarial.....	37
4.3.1.2 A solução baseada em <i>Blockchain</i>	38
4.3.1.3 Impactos operacionais e resultados	38
4.3.1.4 Implicações para a contabilidade e auditoria.....	39
4.3.2 Walmart: do piloto à imposição a fornecedores críticos	40
4.3.2.1 Contexto e desafio empresarial.....	40
4.3.2.2 A solução baseada em <i>Blockchain</i>	40
4.3.2.3 Impactos operacionais e resultados	40
4.3.2.4 Implicações para a contabilidade e auditoria.....	41
4.3.3 Carrefour: transparência até ao consumidor e impacto comercial	42
4.3.3.1 Contexto e desafio empresarial.....	42
4.3.3.2 A solução baseada em <i>Blockchain</i>	42
4.3.3.3 Impactos operacionais e resultados	43
4.3.3.4 Implicações para a contabilidade e auditoria.....	43
4.4 Cadeia logística e marítima: Maersk e o conhecimento eletrónico	44
4.4.1 Contexto e desafio empresarial.....	44
4.4.2 A solução baseada em <i>Blockchain</i>	44
4.4.3 Impactos operacionais e resultados	44
4.4.4 Implicações para a contabilidade e auditoria.....	45
4.5 Cadeia de fornecimento eletrónica: Samsung SDS	45
4.5.1 Contexto e Desafio Empresarial	45

4.5.2	A Solução Baseada em <i>Blockchain</i>	45
4.5.3	Impactos Operacionais e Resultados	46
4.5.4	Implicações para a Contabilidade e Auditoria.....	47
4.6	Rastreabilidade mineral: De Beers e a plataforma Tracr.....	47
4.6.1	Contexto e Desafio Empresarial	47
4.6.2	A Solução Baseada em <i>Blockchain</i>	48
4.6.3	Impactos Operacionais e Resultados	48
4.6.4	Implicações para a Contabilidade e Auditoria.....	49
4.7	Serviços financeiros: Banco Santander	49
4.7.1	Contexto e Desafio Empresarial	49
4.7.2	A Solução Baseada em <i>Blockchain</i>	50
4.7.3	Impactos Operacionais e Resultados	50
4.7.4	Implicações para a Contabilidade e Auditoria.....	50
4.8	Indústria farmacêutica: Pfizer e o Consórcio MediLedger.....	51
4.8.1	Contexto e Desafio Empresarial	51
4.8.2	A Solução Baseada em <i>Blockchain</i>	51
4.8.3	Impactos Operacionais e Resultados	52
4.8.4	Implicações para a Contabilidade e Auditoria.....	52
4.9	Síntese transversal de impactos contabilísticos e financeiros	52
4.9.1	Mensuração de inventários e imparidades.....	52
4.9.2	Reconhecimento de rédito e contrapartida variável	53
4.9.3	Risco de crédito e ciclo de caixa	53
4.9.4	Provisões e contingências.....	53
4.9.5	Auditoria, controlo interno e assegurabilidade de sustentabilidade	53
4.10	Desafios de implementação e governação.....	54
4.11	Agenda de gestão e indicadores recomendados	54
4.12	Conclusões Empíricas	55

4.13	Discussão e Interpretação dos Resultados	55
4.13.1	Confronto do quadro conceptual com a literatura	55
4.13.2	Implicações para preparadores, auditores e investidores.....	56
4.13.3	Enquadramento tecnológico e setorial.....	57
4.13.4	Riscos e desafios identificados	58
Capítulo V – Conclusão.....		58
5.	Conclusão	59
5.1	Principais contributos teóricos e práticos	59
5.2	Implicações para a normalização e para a profissão.....	59
5.3	Limitações do estudo	59
5.4	Recomendações para a Prática e Perspetivas Futuras	60
5.5	Considerações finais	61
Referências bibliográficas.....		62

Índice de Figuras

Figura 1 - Arquitetura de um Bloco na Blockchain	7
Figura 2 - Diferença entre o sistema tradicional e Blockchain.....	8
Figura 3 - O trilema da Blockchain: equilíbrio entre descentralização, segurança e escalabilidade.....	16

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificação das Arquiteturas <i>Blockchain</i>	13
Tabela 2 - Comparação entre Proof of Work e Proof of Stake.....	14
Tabela 3 - Características comparativas dos principais algoritmos de consenso	15
Tabela 4 - Mapeamento de Desafios Contabilísticos para Normas.....	26
Tabela 5 - Comparação dos casos analisados	55

Lista de abreviaturas

AIoT: Inteligência Artificial aplicada à Internet das Coisas

BFT: Byzantine Fault Tolerance

COSO: Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission

CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive

DCSA: Digital Container Shipping Association

DLT: Distributed Ledger Technology

eBL: Electronic Bill of Lading

EPCIS: Electronic Product Code Information Services

ESG: Environmental, Social and Governance

ERP: Enterprise Resource Planning

FDA: Food and Drug Administration

G7: Grupo dos Sete

IAS: International Accounting Standard

IAASB: International Auditing and Assurance Standards Board

IFRS: International Financial Reporting Standards

IBM: International Business Machines

IoT: Internet of Things

ISA: International Standard on Auditing

KYC: Know Your Customer

PoS: *Proof of Stake*

PoW: *Proof of Work*

QR: Quick Response (código)

TMS: Transportation Management System

WMS: Warehouse Management System

CAPÍTULO - INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico das últimas décadas tem originado transformações estruturais significativas em diversos setores económicos, com particular incidência na contabilidade, nas finanças e na auditoria. A digitalização dos processos contabilísticos tem colocado em causa modelos tradicionais de registo, validação e controlo da informação financeira, enquanto tem possibilitado o desenvolvimento de novas arquiteturas de dados e de mecanismos de verificação mais tempestivos. Neste contexto, a tecnologia *Blockchain* emerge como uma inovação de natureza descentralizada, baseada em livros de registo distribuídos, mecanismos de consenso e propriedades de imutabilidade e verificabilidade (Pilkington, 2016). Estas características conferem-lhe potencial para transformar práticas de relato financeiro, auditoria e controlo interno, reforçando propriedades da informação como relevância, fidedignidade, verificabilidade e tempestividade (Wang *et al.*, 2019; Xu, Chen & Kou, 2019).

A aplicação da *Blockchain* tem vindo a expandir-se em setores intensivos em requisitos de rastreabilidade e conformidade, como a saúde, a energia, o retalho e a administração pública. A literatura evidencia que esta tecnologia possibilita a automatização de registos e reconciliações, a certificação criptográfica de transações e a rastreabilidade integral de ativos, contribuindo para o aumento da transparência, da segurança e da confiança entre as partes (Centobelli *et al.*, 2022; Andoni *et al.*, 2019). Contudo, observa-se uma lacuna teórica e prática na compreensão dos mecanismos através dos quais a *Blockchain* e os *Smart Contracts* afetam os processos contabilísticos e de auditoria, bem como na identificação das condições em que os benefícios anunciados se materializam. Adicionalmente, a difusão empresarial permanece limitada, predominando implementações piloto com alcance reduzido (Stratopoulos, Wang & Ye, 2020).

Face a este contexto, o presente estudo tem como objetivo geral desenvolver um quadro conceptual que relacione os mecanismos técnico-organizacionais da tecnologia *Blockchain* e dos *Smart Contracts* com os processos de reconhecimento, mensuração, reporte e auditoria. Pretende-se ainda estabelecer uma matriz de correspondência normativa entre esses mecanismos e os tópicos relevantes das normas internacionais de contabilidade (IAS/IFRS) e das normas internacionais de auditoria (ISA), bem como propor indicadores de avaliação de impacto económico e financeiro associados à adoção da tecnologia em diferentes contextos empresariais.

Os objetivos específicos consistem em:

1. Sistematizar os mecanismos técnico-organizacionais relevantes da *Blockchain* e a sua relação com as propriedades da informação financeira;
2. Conceber uma taxonomia que relacione mecanismos tecnológicos com efeitos contábilístico-financeiros e condicionantes setoriais e institucionais;
3. Mapear os mecanismos identificados em tópicos das IAS/IFRS e das ISA, destacando implicações para políticas contábilísticas, controlo interno e auditoria;
4. Definir um conjunto de indicadores destinados à mensuração dos impactos em eficiência, qualidade do relato e mitigação de riscos;
5. Identificar as limitações, riscos e condições de sucesso associadas à adoção organizacional da *Blockchain*.

A partir deste enquadramento, emergem três questões centrais que orientam a presente investigação, relacionadas com (i) a identificação dos mecanismos tecnológicos relevantes, (ii) o seu mapeamento para o quadro normativo IAS/IFRS e ISA, e (iii) as condições contextuais que influenciam a sua adoção.

A relevância deste trabalho decorre do contributo potencial para o reforço da ligação entre inovação tecnológica e prática contábilística. A clarificação dos mecanismos e das suas implicações normativas constitui um passo essencial para a consolidação de evidência científica e para o desenvolvimento de instrumentos de apoio à decisão por parte de preparadores, auditores e reguladores.

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos principais, para além desta introdução, que guiam o leitor desde a fundamentação teórica até à análise empírica e conclusões.

O Capítulo 1 estabelece a fundamentação técnica através de uma revisão da literatura, abordando os princípios da tecnologia *Blockchain*. De seguida, o Capítulo 2 detalha o enquadramento normativo (IAS/IFRS e ISA). O Capítulo 3 descreve a metodologia da investigação.

O Capítulo 4 representa o núcleo empírico do trabalho, onde se analisam em detalhe diversos casos de aplicação da tecnologia em múltiplos setores, mapeando os seus efeitos práticos para o quadro normativo. O Capítulo 5 aprofunda a Discussão, confrontando os achados empíricos com a literatura e explorando as implicações para os profissionais. Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as Conclusões gerais do estudo, sintetizando os seus principais contributos, limitações e recomendações para investigações futuras.

CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

A tecnologia *Blockchain* afirmou-se, no decurso do século XXI, como uma das inovações digitais de maior alcance, reconfigurando os regimes de confiança e os modos de verificação em contextos descentralizados. Concebida originalmente para sustentar a criptomoeda Bitcoin (Nakamoto, 2008), cedo excedeu esse desígnio inicial e consolidou-se como infraestrutura de registo e validação com aplicações que atravessam as finanças, a saúde, a logística, a energia e a administração pública (Agbo, Mahmoud, & Eklund, 2019; Pilkington, 2016).

Mais do que um repositório de informação, a *Blockchain* constitui uma arquitetura distribuída de confiança que suprime intermediários e viabiliza a coordenação segura entre múltiplos agentes, sustentada num livro-razão digital imutável e auditável. As transações são organizadas em blocos que se encadeiam mediante funções de dispersão e carimbos temporais, o que, em conjunto, assegura a integridade do histórico e a resistência a alterações retrospectivas (Xu, Chen, & Kou, 2019).

O seu funcionamento apoia-se, de forma indissociável, em três pilares: criptografia, redes ponto a ponto (*peer-to-peer*) e mecanismos de consenso. O ponto fulcral reside em garantir que todos os participantes convergem quanto ao estado válido do registo sem recorrer a uma autoridade central. A criptografia de chave pública sustenta a autenticidade e o não repúdio, enquanto as funções de *hash* preservam a integridade dos dados registados (Pilkington, 2016).

Daqui decorre um conjunto de propriedades estruturais, descentralização, imutabilidade, transparência e segurança, que explica o seu potencial transformador no domínio contabilístico e financeiro. Tais propriedades reforçam a rastreabilidade das operações, mitigam assimetrias de informação e criam condições para auditorias mais tempestivas e fiáveis (Wang *et al.*, 2019).

A evolução do ecossistema, catalisada por plataformas como o *Ethereum*, introduziu os *Smart Contracts* (*Smart Contracts*): programas autoexecutáveis que formalizam e verificam, de modo automático, o cumprimento de condições preestabelecidas. Estes mecanismos abrem espaço à automatização de rotinas contabilísticas e de auditoria, promovendo eficiência, conformidade e uma menor exposição a erro ou fraude (Buterin, 2014; Pilkington, 2016).

Em suma, a *Blockchain* deixou de se circunscrever ao universo das criptomoedas para se afirmar como uma infraestrutura de confiança ao serviço da gestão de informação e da criação de valor empresarial.

1.1 Fundamentos e Estrutura da Tecnologia *Blockchain*

A tecnologia *Blockchain* configura-se como uma infraestrutura digital de confiança que articula criptografia, redes ponto a ponto (*peer-to-peer*) e mecanismos de consenso para viabilizar um registo distribuído, transparente e resistente à adulteração, permitindo a validação de transações entre múltiplos participantes sem recurso a uma autoridade central. A partir da proposta inaugural associada ao Bitcoin, o seu escopo expandiu-se para além do domínio monetário e consolidou-se num ecossistema com aplicações nas finanças, nas cadeias de abastecimento, na saúde, na energia e na administração pública (Pilkington, 2016; Xu, Chen, & Kou, 2019; Al-Jaroodi & Mohamed, 2019).

As transações são agregadas em blocos encadeados mediante funções de dispersão e carimbos temporais. Cada bloco referencia criptograficamente o anterior, o que assegura integridade, rastreabilidade e resistência a alterações retrospectivas. Em complemento, a criptografia de chave pública garante autenticidade e não repúdio (Pilkington, 2016), como ilustrado na Figura 1.

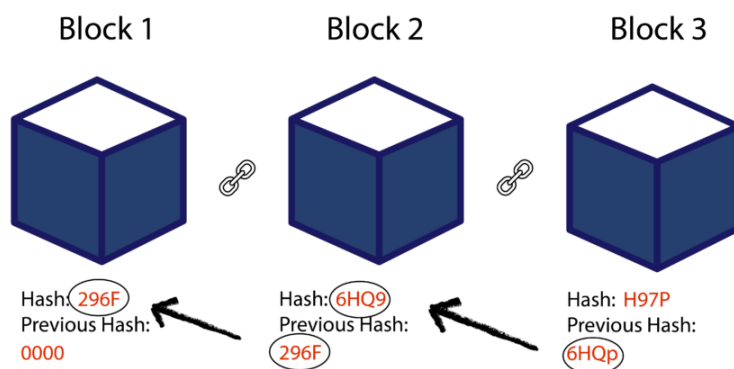


Figura 1 - Arquitetura de um Bloco na Blockchain

Retirado de: <https://gardhousefinancial.ca/what-is-block-chain/> Consultado (10 de outubro de 2025)

Da combinação entre criptografia, consenso distribuído e replicação do registo emergem propriedades estruturais de particular relevância para a contabilidade e a auditoria: descentralização, imutabilidade, transparência e verificabilidade (Pilkington, 2016; Xu *et al.*, 2019). Importa ainda salientar que a camada de *Smart Contracts* (*Smart Contracts*) converte a *Blockchain* numa plataforma de computação descentralizada, permitindo a

execução automática de condições predefinidas e o registo imediato dos respetivos resultados, com impacto na automatização de liquidações, reconciliações e verificações de conformidade (Wang *et al.*, 2019).

Por fim, a *Blockchain* substitui a mediação institucional por mecanismos de verificação descentralizada assentes em algoritmos e protocolos, como se demonstra na Figura 2. A clarificação da sua relação com outras tecnologias de registo distribuído, bem como a análise das opções arquitetónicas, é desenvolvida nas secções seguintes.

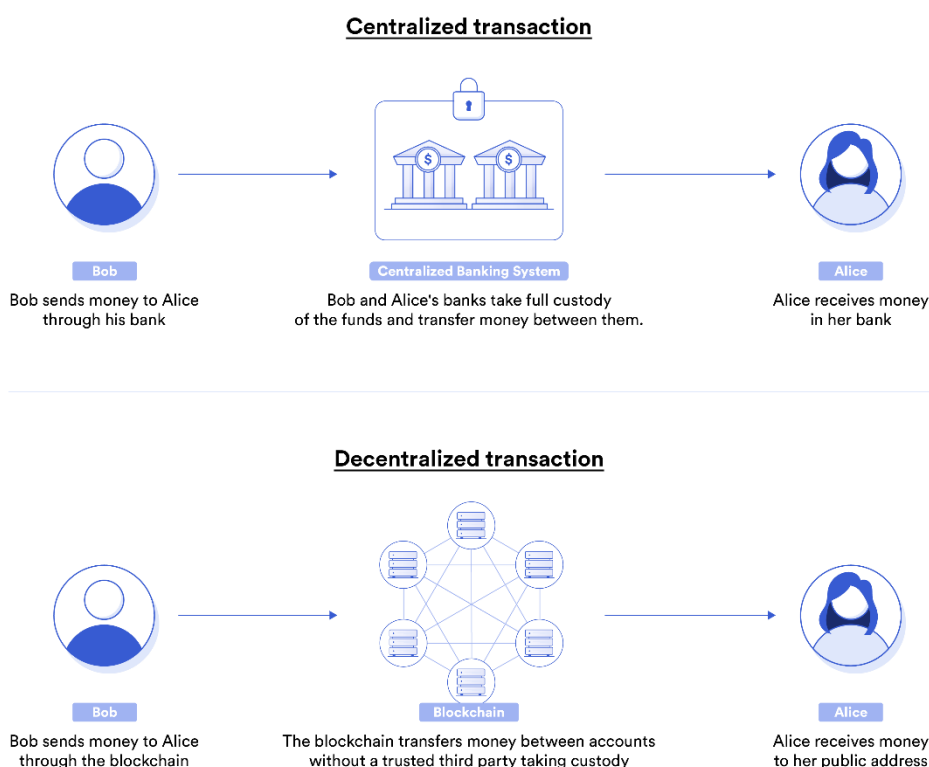


Figura 2 - Diferença entre o sistema tradicional e Blockchain

Retirado de: <https://chain.link/education-hub/Blockchain> Consultado (10 de outubro de 2025)

1.1.1 Conceitos essenciais, propriedades e participantes

Uma *Blockchain* é um livro de registos distribuído que agrupa transações em blocos encadeados por funções de dispersão e carimbos temporais. Cada bloco referencia criptograficamente o bloco anterior, o que torna a alteração retrospectiva impraticável do ponto de vista computacional. A criptografia de chave pública assegura autenticidade e não repúdio das transações. Os mecanismos de consenso, como *Proof of Work* (PoW), *Proof of Stake* (PoS) e famílias de *byzantine fault tolerance* (BFT), coordenam os

participantes e permitem acordar sobre o estado válido do registo sem necessidade de intermediário (Pilkington, 2016; Xu *et al.*, 2019).

Distinguem-se utilizadores, que emitem e recebem transações e, consoante a rede, podem manter cópia do livro de registos, e validadores, que propõem e validam blocos de acordo com o protocolo, desempenhando funções críticas de governação técnica. Nas redes públicas, o acesso é aberto e a confiança é induzida por incentivos cripto-económicos. Nas redes privadas e de consórcio, o acesso é restrito e a confiança assenta em identificação prévia e regras institucionais (Morkunas, Paschen, & Boon, 2019; Xu *et al.*, 2019).

Existem quatro atributos estruturais que explicam o potencial transformador da tecnologia. Em primeiro lugar, a descentralização elimina pontos únicos de falha e autoridade. Em segundo lugar, a imutabilidade confere resistência a alterações retrospectivas. Em terceiro lugar, a transparência e a auditabilidade possibilitam histórico verificável por desenho. Em quarto lugar, a segurança resulta da combinação entre criptografia, consenso e replicação. Quando combinadas com *Smart Contracts*, estas propriedades permitem automatização verificável de processos como pagamentos, liquidação, reconciliação e controlo de conformidade (Pilkington, 2016; Al-Jaroodi & Mohamed, 2019; Wang *et al.*, 2019).

Em contexto empresarial, a seleção entre redes públicas, privadas e de consórcio deve ser guiada por requisitos de confidencialidade, desempenho, governação e integração com sistemas legados. Estas opções serão aprofundadas nas Secções 1.1.2 e 1.1.3.

1.1.2 *Distributed Ledger Technology (DLT)* e *Blockchain*: distinção conceptual

A tecnologia de registo distribuído (*Distributed Ledger Technology, DLT*) designa um conjunto de soluções que permitem o registo e a partilha de dados entre múltiplos participantes de forma descentralizada, com replicação síncrona do livro-razão e sem necessidade de autoridade central (Xu, Chen, & Kou, 2019).

A *Blockchain* representa um subtipo de DLT que organiza os registos em cadeias de blocos interligados por funções de dispersão.

A distinção entre DLT e *Blockchain* observa-se em três dimensões, a primeira sendo a estrutura de dados, a *Blockchain* encadeia blocos de forma linear e sequencial, enquanto outras DLT podem adotar grafos acíclicos direcionados (DAG), como o Tangle da IOTA (Zheng, Xie, Dai, Chen, & Wang, 2018). A segunda dimensão o consenso, *Blockchains*

públicas tendem a PoW ou PoS, as DLT permissionadas utilizam variantes de BFT mais eficientes em ambientes com identidade verificada (Androulaki *et al.*, 2018). E por último a governação e permissões, *Blockchains* públicas são abertas, enquanto DLT empresariais são geralmente permissionadas e orientadas a requisitos de desempenho, confidencialidade e conformidade (Morkunas, Paschen, & Boon, 2019).

1.1.3 Arquiteturas de sistemas e taxonomias de *Blockchain*

As arquiteturas dos sistemas baseados em tecnologia *Blockchain* são extremamente variadas e flexíveis, refletindo a diversidade de objetivos, contextos e requisitos funcionais das aplicações que suportam. Esta pluralidade arquitetónica não resulta apenas de escolhas técnicas, mas de decisões estratégicas que determinam como os diferentes participantes interagem na rede, que níveis de acesso lhes são atribuídos e quem tem autoridade para validar as transações e manter a integridade do sistema.

De forma geral, qualquer sistema *Blockchain* envolve dois tipos essenciais de participantes: os utilizadores e os validadores. Os utilizadores são os responsáveis por iniciar ou receber transações, podendo, consoante o modelo adotado, armazenar localmente uma cópia do livro-razão distribuído. O seu grau de participação pode ser limitado à leitura dos dados ou estender-se à execução de transações e interação com *Smart Contracts*. Já os validadores, são os agentes que asseguram a validação das transações e a atualização da *Blockchain*, desempenhando um papel fundamental na governação técnica da rede.

A forma como esta autoridade é distribuída depende do tipo de arquitetura implementada. No modelo das *Blockchains* públicas (ou *permissionless*), qualquer pessoa pode participar na rede, seja para consultar dados, submeter transações ou atuar como validador. Estas redes são totalmente descentralizadas e abertas, promovendo inclusão, transparência e resistência à censura, valores especialmente valorizados em ecossistemas como os das criptomoedas. Esta abertura, no entanto, exige mecanismos de confiança que não dependam de relações pessoais ou institucionais, mas sim de incentivos estruturados, normalmente sob a forma de recompensas financeiras, que promovem comportamentos honestos e punem ações maliciosas (Nakamoto, 2008; Pilkington, 2016).

Nestes sistemas, frequentemente inspirados pela teoria dos jogos, os incentivos podem assumir a forma de recompensas por trabalho computacional (como no modelo *proof-of-work*, usado no Bitcoin), ou a perda de ativos bloqueados em caso de comportamento

desonesto (como no *proof-of-stake*). O objetivo é garantir que agir de forma honesta seja sempre mais vantajoso do que manipular o sistema (Iansiti & Lakhani, 2017).

Por outro lado, as *Blockchains* privadas ou *permissioned* restringem o acesso e a validação a entidades previamente autorizadas. Este tipo de arquitetura é muito utilizado em ambientes corporativos e institucionais, onde a eficiência, o controle e a conformidade regulatória são prioridades. Aqui, os participantes são identificados com antecedência e sujeitos a processos como o *know-your-customer* (KYC), o que permite operar com base numa confiança institucional, dispensando os sistemas de incentivos complexos necessários nas redes públicas (Morkunas *et al.*, 2019).

O modelo privado oferece vantagens em termos de desempenho, como maior rapidez nas transações e menor consumo de recursos, mas sacrifica alguns princípios fundamentais da *Blockchain*, como a resistência à censura e a descentralização total. Além disso, o controle concentrado pode tornar estas redes mais vulneráveis a interferências externas e disputas entre entidades participantes.

Entre estes dois modelos extremos, surge uma solução intermédia: as *Blockchains* de consórcio ou *open-source*. Nestes casos, um grupo de entidades confiáveis partilha a responsabilidade pela manutenção e validação da rede, permitindo uma descentralização parcial. Este modelo combina a eficiência e o controle das redes privadas com parte da abertura e transparência das redes públicas, sendo especialmente indicado para consórcios interempresariais, cadeias de abastecimento partilhadas ou setores fortemente regulados, como o bancário ou o energético (Centobelli *et al.*, 2022).

Além da arquitetura de acesso e governação, os sistemas *Blockchain* também se diferenciam pelo seu propósito funcional. As chamadas *Blockchains* de uso geral, como o *Ethereum*, foram concebidas para suportar uma ampla variedade de aplicações, desde *Smart Contracts* a mercados descentralizados, sendo altamente programáveis e adaptáveis (Buterin, 2014). Em contraste, *Blockchains* como o Bitcoin são orientadas a um propósito específico, focando-se exclusivamente em transações financeiras descentralizadas. Esta especialização permite maior otimização para tarefas específicas, mas limita a flexibilidade para além do seu objetivo original.

Outro critério importante é a abertura do desenvolvimento do sistema: *open-source* versus *closed-source*. Projetos de código aberto permitem que qualquer utilizador audite, critique ou contribua para a evolução do protocolo, promovendo transparência,

participação comunitária e melhoria contínua através da revisão por pares (Pilkington, 2016). Já os sistemas de código fechado funcionam de forma mais semelhante ao software corporativo tradicional, em que apenas uma entidade, geralmente privada, controla a Governança técnica e a implementação de alterações.

Importa sublinhar que não existe uma configuração arquitetónica “ideal” que se aplique a todas as utilizações da *Blockchain*. A escolha entre uma rede pública, privada ou de consórcio, de uso geral ou específico, aberta ou fechada, deve ser feita com base em critérios como os objetivos operacionais, o nível de confiança entre as partes envolvidas, os requisitos legais e regulamentares e os desafios técnicos associados à escalabilidade e segurança.

1.1.4 Algoritmos de consenso distribuído

Os algoritmos de consenso constituem o elemento central que permite a coordenação entre participantes de uma rede *Blockchain* distribuída. São estes mecanismos que asseguram que todos os “nós” (nodes) concordam sobre o estado válido do livro-razão (ledger), sem recorrer a uma autoridade central ou entidade de confiança. Através deles, é possível garantir a integridade e a coerência dos registos, mesmo quando alguns participantes se comportam de forma maliciosa ou quando ocorrem falhas técnicas (Pilkington, 2016; Xu, Chen, & Kou, 2019). O consenso distribuído é, portanto, a base que permite que sistemas descentralizados mantenham confiança num ambiente sem intermediários.

O processo de consenso segue uma lógica comum a todos os protocolos. Um *node* selecionado propõe um bloco contendo transações verificadas, que é avaliado pelos restantes *nodes* da rede. Quando o bloco cumpre as regras do protocolo, é adicionado à cadeia e referenciado criptograficamente pelo bloco seguinte, assegurando a imutabilidade e a continuidade temporal. O bloco torna-se definitivo após atingir o número necessário de confirmações, alcançando o estado de *finality*, momento em que a transação é considerada irreversível (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2018). A eficiência, a segurança e o tempo necessário para alcançar esta finalidade dependem diretamente do tipo de algoritmo utilizado, como representado na tabela 1.

Característica	Blockchain Pública	Blockchain Privada	Blockchain de Consórcio
Acesso	Aberto a todos	Restrito (por convite)	Restrito a um grupo
Participantes	Anónimos	Identificados e autorizados	Identificados e autorizados
Segurança	Criptoeconomia (PoW/PoS)	Confiança institucional	Confiança institucional
Desempenho	Mais lento	Mais rápido e escalável	Rápido e escalável
Exemplo	Bitcoin, <i>Ethereum</i>	Solução interna de uma empresa	TradeLens (Maersk), Tracr (De Beers)

Tabela 1 - Classificação das Arquiteturas Blockchain

Fonte : Elaboração Própria

A literatura distingue dois grandes grupos de mecanismos de consenso: os baseados em sorteio (*lottery-based*) e os baseados em votação (*voting-based*). Os primeiros, como a *Proof of Work* (PoW) e a *Proof of Stake* (PoS), assentam na competição probabilística entre validadores, os segundos, como o Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), baseiam-se na comunicação e validação colaborativa entre nós autorizados (Androulaki *et al.*, 2018; Zheng, Xie, Dai, Chen, & Wang, 2018). Esta distinção define não só o desempenho e a escalabilidade da rede, mas também o seu modelo de governação e o nível de descentralização.

A *Proof of Work* introduzida por Nakamoto (2008) e popularizada pela rede Bitcoin é um mecanismo que exige que os validadores resolvam problemas criptográficos complexos para propor um novo bloco. O primeiro a resolver o enigma recebe uma recompensa, o que incentiva comportamentos honestos e desencoraja tentativas de manipulação. A segurança decorre do elevado custo computacional necessário para alterar a cadeia. Contudo, o modelo PoW apresenta desvantagens significativas: elevado consumo energético, latência no processamento de transações e custos de hardware substanciais (Pilkington, 2016).

A *Proof of Stake*, proposta por King e Nadal (2012), surgiu como resposta a essas limitações. Neste modelo, os validadores são selecionados com base na quantidade de ativos que estão dispostos a imobilizar (*stake*). O risco de perda desse valor em caso de comportamento desonesto cria um mecanismo de incentivo interno mais eficiente e sustentável. O PoS reduz drasticamente o consumo energético e melhora a escalabilidade,

tornando-se adequado para redes públicas de nova geração, como o *Ethereum* após a sua atualização The Merge (Buterin, 2014).

Para efeitos de síntese, a Tabela 2 apresenta as diferenças estruturais entre os modelos *PoW* e *PoS*.

Critério	<i>Proof of Work (PoW)</i>	<i>Proof of Stake (PoS)</i>
Mecanismo base	Competição computacional	Seleção proporcional ao <i>stake</i>
Consumo energético	Muito elevado	Reduzido
Tempo de confirmação	Lento (vários minutos)	Rápido (segundos ou minutos)
Segurança	Elevada, baseada em custo de ataque	Elevada, baseada em incentivos económicos
Desvantagens	Ineficiência energética, custo de hardware	Concentração de riqueza, menor descentralização

Tabela 2 - Comparação entre *Proof of Work* e *Proof of Stake*

Fonte: Elaboração Própria a partir de Nakamoto (2008), Pilkington (2016) e Buterin (2014).

Os algoritmos baseados em votação seguem uma abordagem distinta. Neles, o consenso é alcançado através de comunicação direta entre nós previamente autenticados. O modelo *PBFT* (Castro & Liskov, 1999) é o mais difundido neste grupo. Opera em três fases: *pre-prepare*, *prepare* e *commit*, nas quais os validadores trocam mensagens para confirmar o estado das transações. Este método garante tolerância a falhas bizantinas, permitindo o funcionamento correto do sistema mesmo que até um terço dos nós atue de forma incorreta. A *PBFT* é especialmente indicada para redes permissionadas e consórcios empresariais, nos quais os participantes são identificados e existe um grau prévio de confiança institucional (Morkunas, Paschen, & Boon, 2019). A Tabela 3 compara os principais tipos de algoritmos quanto a eficiência, escalabilidade e descentralização.

Característica	<i>Proof of Work</i> (PoW)	<i>Proof of Stake</i> (PoS)	PBFT
Tipo de rede ideal	Pública e aberta	Pública e híbrida	Privada ou consorcial
Descentralização	Elevada	Média	Reduzida
Velocidade	Lenta	Média	Alta
Escalabilidade	Boa	Boa	Limitada
Energia consumida	Elevada	Baixa	Muito baixa
Finalidade <i>(finality)</i>	Probabilística	Parcial	Imediata

Tabela 3 - Características comparativas dos principais algoritmos de consenso

Fonte: Elaboração Própria

Embora os mecanismos de votação ofereçam maior previsibilidade e rapidez de confirmação, o seu desempenho deteriora-se à medida que o número de participantes aumenta. Esta limitação tem motivado o desenvolvimento de soluções híbridas e complementares, como a fragmentação (*sharding*), as cadeias paralelas (*sidechains*), os canais de pagamento (*payment channels*) e os *rollups*. A *sharding* divide a rede em subconjuntos independentes que processam transações em paralelo, aumentando o *throughput* total. As *sidechains* deslocam parte das operações para cadeias secundárias que comunicam com a principal, reduzindo o congestionamento. Os *payment channels* permitem liquidação fora da cadeia principal, registrando apenas o resultado final, o que é ideal para micropagamentos (Poon & Dryja, 2016). Já os *rollups* agregam várias transações fora da cadeia e publicam provas criptográficas resumidas na rede principal, conjugando eficiência e segurança (Buterin, 2014).

O conjunto destas abordagens reflete o chamado *trilema da Blockchain*, que expressa o equilíbrio difícil entre descentralização, segurança e escalabilidade (Buterin, 2014). Este compromisso é ilustrado na Figura 3.

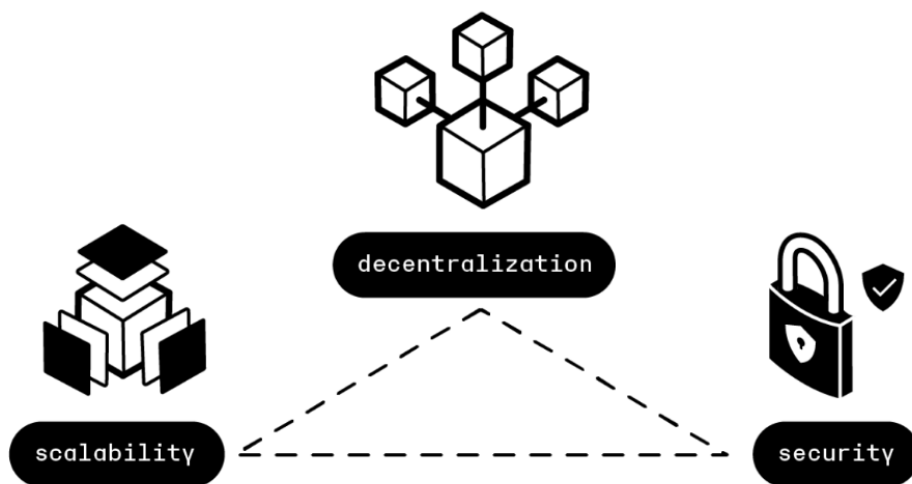


Figura 3 - O trilema da Blockchain: equilíbrio entre descentralização, segurança e escalabilidade
Retirado: <https://www.linkedin.com/pulse/o-trilema-da-Blockchain-pedro-paulo-oliveira-junior-> Consultado (10 de outubro de 2025)

A escolha do algoritmo de consenso deve considerar o tipo de rede pública, privada ou consórcio, os requisitos de desempenho e os objetivos de governação. Redes abertas tendem a privilegiar *PoW* ou *PoS*, onde a descentralização é central. Em contrapartida, ambientes corporativos e interorganizacionais preferem mecanismos baseados em votação, que oferecem rapidez e previsibilidade. Assim, o consenso selecionado molda a velocidade de liquidação, o custo energético e o risco de bifurcações (*forks*), condicionando a viabilidade técnica e económica das aplicações empresariais (Pilkington, 2016; Yaqoob, Salah, Jayaraman, & Al-Hammadi, 2021).

1.2 Fundamentos e Estrutura da Tecnologia *Blockchain*

A tecnologia *Blockchain* tem evoluído de uma infraestrutura técnica de registo descentralizado para uma ferramenta estratégica com aplicações empresariais diretas na contabilidade, finanças e auditoria. A sua principal contribuição reside na criação de um ambiente de confiança digital partilhada, no qual múltiplas entidades podem registar, validar e partilhar informação de forma transparente, imutável e auditável, sem necessidade de intermediários (Pilkington, 2016; Morkunas, Paschen, & Boon, 2019).

Em contextos empresariais, a *Blockchain* suporta processos de rastreabilidade de ativos, certificação de origem, reconciliação automática de transações e gestão segura de dados sensíveis. Estes mecanismos permitem reduzir erros manuais, fraudes e custos administrativos, ao mesmo tempo que fortalecem o controlo interno e a fiabilidade das

demonstrações financeiras (Wang *et al.*, 2019; Xu, Chen, & Kou, 2019). A automação através de *Smart Contracts* (Buterin, 2014) possibilita a execução automática de cláusulas contratuais e a validação de eventos contábilísticos em tempo real, reduzindo o desfasamento entre a ocorrência de transações e o seu reconhecimento financeiro.

Setores como a logística, o retalho, a saúde, a energia e os serviços financeiros têm adotado soluções baseadas em *Blockchain* para rastrear produtos, monitorizar cadeias de valor e gerir pagamentos e contratos com maior transparência e eficiência (Centobelli *et al.*, 2022). Estas aplicações reforçam o princípio da integridade da informação e apoiam práticas de reporte mais tempestivas e verificáveis, em linha com os requisitos das IAS e IFRS.

No domínio da sustentabilidade, a *Blockchain* desempenha um papel crescente na monitorização de indicadores ESG, rastreabilidade de cadeias de abastecimento sustentáveis e gestão de créditos de carbono. A combinação com tecnologias como *Internet of things* (IoT) permite recolher e validar dados ambientais em tempo real, reduzindo o risco de distorção e facilitando a auditoria de métricas de sustentabilidade (Andoni *et al.*, 2019; Centobelli *et al.*, 2022). A mesma arquitetura contribui para o combate à fraude e ao greenwashing, ao garantir a origem e a veracidade dos dados reportados.

Apesar do potencial, persistem limitações relevantes. Entre os principais desafios destacam-se a escalabilidade das redes públicas, o elevado consumo energético de alguns mecanismos de consenso e a interoperabilidade entre plataformas e sistemas legados (Xu *et al.*, 2019). Em contextos empresariais, acrescem barreiras regulatórias e incertezas jurídicas associadas à validade probatória de registos distribuídos e à proteção de dados em redes abertas (De Filippi & Wright, 2018).

A governação das redes constitui igualmente uma questão crítica. A ausência de autoridade central requer modelos claros de tomada de decisão, gestão de atualizações e resolução de disputas. Em redes corporativas ou de consórcio, a confiança depende de mecanismos de autenticação, regras de validação e processos de auditoria tecnológica que garantam integridade e continuidade operacional (Morkunas *et al.*, 2019; Centobelli *et al.*, 2022).

No plano organizacional, a adoção da *Blockchain* implica repensar o desenho de controlos internos, as políticas de partilha de informação e os sistemas de reporte financeiro. A

integração com plataformas existentes deve assegurar coerência com os referenciais contabilísticos (IAS/IFRS) e de auditoria (ISA), em especial no que respeita à mensuração de ativos digitais, à rastreabilidade de evidência e à segregação de funções no ambiente tecnológico (Wang *et al.*, 2019).

Por fim, os impactos contabilístico-financeiros observam-se em quatro dimensões principais:

- Registo e mensuração: elevação da precisão e da tempestividade na captação de eventos económicos, sustentadas por dados verificáveis na origem.
- Controlo e auditoria: viabilização de auditoria contínua, com evidência digital gerada de forma automática.
- Governança e conformidade: reforço da rastreabilidade e do cumprimento regulatório.
- Eficiência e inovação: redução de reconciliações, automatização de liquidações e abertura a novos modelos de partilha de valor (Pilkington, 2016; Wang *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2019).

Assim, a *Blockchain* representa uma evolução estrutural na forma como a informação é registada, validada e reportada, promovendo uma contabilidade mais tempestiva, fiável e auditável. Contudo, o seu valor efetivo depende da capacidade das organizações em equilibrar inovação tecnológica com requisitos de governação, segurança e conformidade normativa.

1.3 Contribuições da tecnologia Blockchain para a Contabilidade e Relato Financeiro

Mais do que um mero artefacto tecnológico, a *Blockchain* inaugura um novo paradigma de registo, verificação e reporte da informação económica, com repercussões diretas na contabilidade, no controlo interno, na auditoria e na própria inovação financeira. A natureza distribuída, transparente e imutável do seu registo desafia pressupostos estruturantes das práticas contabilísticas e reconfigura o papel dos profissionais e dos sistemas na produção de informação fiável e tempestiva (Pilkington, 2016; Xu, Chen, & Kou, 2019).

Dando seguimento a esta linha de pensamento, sintetizam-se de seguida as principais frentes de transformação e os desafios que delas decorrem.

1.3.1 Transformação dos sistemas contabilísticos

A incorporação da *Blockchain* nos sistemas contabilísticos rompe com modelos centralizados e com o laborioso ciclo de reconciliações entre entidades. Enquanto livro-ração distribuído, viabiliza o registo partilhado e sincronizado de transações, em tempo praticamente real, assegurando integridade e consistência entre todos os participantes (Xu *et al.*, 2019).

Daqui decorre a possibilidade de uma contabilidade verdadeiramente contínua: lançamentos gerados e validados no momento em que os eventos económicos têm lugar, reconciliações interorganizacionais eliminadas, erros e custos administrativos mitigados. A articulação com sistemas ERP e plataformas de gestão financeira reforça a automação inteligente e a normalização dos registos, o que, por sua vez, amplia a auditabilidade e a fiabilidade dos dados.

O ponto fulcral reside em aproximar o registo contabilístico da própria ocorrência das transações, incrementando a tempestividade e oferecendo uma visão continuamente atualizada do desempenho financeiro.

1.3.2 Controlo interno e gestão do risco

A *Blockchain* robustece o ambiente de controlo interno ao instituir uma infraestrutura de registo imutável e distribuída, que reduz de forma substancial a suscetibilidade a manipulação e fraude. A imutabilidade criptográfica, a validação por consenso e a replicação entre nós asseguram rastreabilidade integral e integridade dos dados ao longo de todo o ciclo transacional (Zhang *et al.*, 2020).

Os principais contributos materializam-se em:

- Transparência e auditabilidade extensivas, com histórico verificável e encadeamento cronológico de operações;
- Descentralização do controlo, afastando pontos únicos de falha ou de autoridade.

Ressalva-se, no entanto, a emergência de novos vetores de risco que reclamam governação criteriosa:

- Vulnerabilidades em *Smart Contracts*, suscetíveis a falhas de especificação, codificação ou execução;

- Volatilidade e mensuração de criptoativos, exigindo enquadramentos normativos próprios e critérios de valorização consistentes;
- Dependência tecnológica, a qual impõe políticas de cibersegurança robustas e capacitação técnica continuada das equipas.

Assim, a *Blockchain* Eleva o patamar de controlo, mas traz consigo riscos tecnológicos e de governação que não podem ser secundarizados.

1.3.3 Auditoria e monitorização contínua

A *Blockchain* reconfigura o próprio paradigma de auditoria ao tornar exequível um modelo de auditoria contínua, sustentado no acesso direto a transações validadas em tempo real. O auditor passa a poder aferir integridade e completude dos registos sem intermediários, com forte compressão da necessidade de amostragem e maior robustez inferencial das conclusões (Wang *et al.*, 2019).

Entre os benefícios, destacam-se:

- Validação quase instantânea de operações, com redução de atrasos e retrabalho;
- Mitigação do risco de amostragem e de erro, viabilizando análises exaustivas sobre o universo de dados;
- Evolução do perfil do auditor, que assume funções de analista de integridade digital, com competência em revisão de *Smart Contracts* e avaliação de protocolos distribuídos.

Para que este modelo se generalize, impõe-se a atualização das normas de auditoria (ISA) e o desenvolvimento de ferramentas automatizadas capazes de extrair, testar e documentar evidência diretamente da *Blockchain*, preservando a qualidade da prova e a independência profissional. A compreensão deste enquadramento é, pois, o alicerce sobre o qual se edificará a prática auditiva na próxima década.

1.4 Inovação financeira e modelos emergentes

Para além do impacto contabilístico e de auditoria, a *Blockchain* tem catalisado a transformação dos mercados financeiros e das práticas de gestão de ativos. As suas principais inovações incluem:

- Tokenização de ativos, convertendo instrumentos financeiros e bens tangíveis em representações digitais negociáveis, com ganhos de liquidez, divisibilidade e transparência (Xu *et al.*, 2020).
- Financiamento descentralizado (DeFi), através de Initial Coin Offerings (ICO), Security Token Offerings (STO) e plataformas de crowdfunding baseadas em *Blockchain*, que democratizam o acesso ao capital e reduzem intermediários (Ahluwalia *et al.*, 2020).
- Otimização dos sistemas de pagamento e liquidação, com redes como Ripple, Stellar e Corda, que demonstram a viabilidade de transações quase instantâneas e rastreáveis a custos reduzidos (Pilkington, 2016).

Estas transformações introduzem novas categorias de ativos digitais e exigem atualização dos normativos contabilísticos e das estruturas regulatórias, de modo a assegurar consistência na mensuração, reconhecimento e reporte financeiro. A consolidação deste ecossistema requer a integração entre inovação tecnológica, supervisão prudencial e padronização internacional das práticas de relato.

Como se pode verificar na revisão de literatura, a evolução tecnológica e a digitalização dos sistemas de informação introduziram novas formas de registo, mensuração e reporte financeiro. Este avanço levanta a necessidade de compreender de que modo os referenciais normativos em vigor enquadram e suportam estas transformações, garantindo que a informação contabilística mantém a sua utilidade, comparabilidade e fiabilidade.

CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO NORMATIVO

Importa, antes de mais, clarificar se, à luz dos normativos internacionais, as demonstrações financeiras continuam a cumprir o seu objetivo fundamental de representar fielmente a posição financeira, o desempenho e os fluxos de caixa das entidades. De acordo com o *Conceptual Framework for Financial Reporting*, a informação financeira de propósito geral deve ser útil aos utilizadores que tomam decisões económicas, o que implica que apresente relevância, representação fidedigna, comparabilidade, verificabilidade e tempestividade (IFRS Foundation, 2023). Estes princípios orientam o conjunto das Normas Internacionais de Relato Financeiro (IAS/IFRS) e asseguram coerência na aplicação dos critérios de reconhecimento, mensuração, apresentação e divulgação.

A análise que se segue enquadra estas normas, bem como os referenciais de auditoria e de controlo interno, de forma a estabelecer a base conceptual que sustentará a discussão dos impactos contabilísticos e financeiros desenvolvidos nos capítulos posteriores.

2. Estrutura e princípios do relato financeiro internacional

O relato financeiro internacional assenta num conjunto de princípios orientadores que asseguram a consistência e a fiabilidade das demonstrações financeiras elaboradas pelas entidades em diferentes jurisdições. A IFRS Foundation, através do International Accounting Standards Board (IASB), define e atualiza este enquadramento, garantindo que as normas refletem a realidade económica das transações e promovem a comparabilidade global.

O *Conceptual Framework for Financial Reporting* constitui o alicerce conceptual das IAS/IFRS. Nele se definem os elementos fundamentais das demonstrações financeiras: ativos, passivos, capital próprio, rendimentos e gastos. Um ativo é entendido como um recurso económico controlado pela entidade do qual se espera a geração de benefícios futuros, um passivo corresponde a uma obrigação presente que exigirá a transferência de recursos económicos. A correta aplicação destas definições assegura que as demonstrações financeiras refletem substância económica e não apenas forma jurídica (IFRS Foundation, 2023).

As normas específicas detalham os critérios de reconhecimento e mensuração desses elementos. A IAS 2 regula a mensuração de inventários, impondo o critério do menor entre o custo e o valor realizável líquido. A IAS 37 orienta o reconhecimento de provisões e contingências, exigindo evidência fiável e mensuração prudente. A IAS 7 e a IFRS 7

estruturam a apresentação dos fluxos de caixa e a divulgação de riscos de liquidez e de crédito. A IFRS 9 define o enquadramento dos instrumentos financeiros e a estimativa de perdas de crédito esperadas, enquanto a IFRS 13 estabelece os princípios de mensuração ao justo valor e a hierarquia de inputs observáveis. A IFRS 15 disciplina o reconhecimento de réditos, clarificando o momento e a extensão da satisfação das obrigações de desempenho. As normas IFRS S1 e IFRS S2, por sua vez, ampliam o âmbito do relato ao integrarem riscos e oportunidades de sustentabilidade no quadro informativo das entidades (IFRS Foundation, 2023).

A coerência entre mensuração e divulgação é fundamental para a credibilidade do relato financeiro. As estimativas devem basear-se em pressupostos transparentes, a documentação deve ser suficiente e adequada, e as divulgações devem permitir que os utilizadores compreendam as incertezas associadas. Em complemento, as Normas Internacionais de Auditoria (ISA) e o COSO Internal Control – Integrated Framework asseguram que os sistemas de controlo interno e os procedimentos de auditoria são proporcionais aos riscos e sustentam a fiabilidade da informação reportada (IAASB, 2019; COSO, 2013).

2.1 Normas-chave de relato financeiro

O enquadramento contabilístico internacional assenta num conjunto de normas que orientam o reconhecimento, a mensuração e a divulgação dos principais elementos das demonstrações financeiras. Estas normas asseguram consistência na apresentação da posição financeira e do desempenho das entidades, permitindo a comparabilidade entre períodos e entre organizações. As normas abordadas nesta secção, nomeadamente a IAS 2, IAS 37, IFRS 15, IFRS 9, IFRS 13, IAS 7 e IFRS 7, são fundamentais na mensuração de ativos, passivos, réditos e fluxos de caixa, bem como na divulgação de riscos financeiros e de liquidez.

A norma IAS 2, intitulada Inventories, determina que os inventários devem ser mensurados pelo menor entre o custo e o valor realizável líquido. Exige o reconhecimento de imparidades sempre que o valor contabilístico excede o montante que se espera realizar pela venda. Define critérios rigorosos para a determinação do custo, incluindo matérias-primas, custos de transformação e outros encargos necessários até à obtenção do estado atual. Prevê ainda divulgações que permitam compreender as políticas contabilísticas

adotadas e as quantias de imparidades reconhecidas e revertidas, assegurando transparência e fidedignidade na mensuração (IFRS Foundation, 2023).

A IAS 37, Provisions, Contingent Liabilities and Contingent Assets, regula o reconhecimento de provisões, passivos e ativos contingentes. Estabelece que uma provisão é reconhecida quando existe uma obrigação presente resultante de um evento passado, quando é provável uma saída de recursos para liquidar a obrigação e quando o montante pode ser estimado com fiabilidade. A mensuração deve refletir o melhor ponto de estimativa à data de relato e considerar riscos e incertezas. A norma exige ainda divulgações que evidenciem julgamentos e pressupostos relevantes, contribuindo para a qualidade informativa e para a prudência das estimativas (IFRS Foundation, 2023).

A IFRS 15, Revenue from Contracts with Customers, define um modelo para o reconhecimento do rédito proveniente de contratos com clientes. O princípio central consiste em reconhecer o rédito de forma a representar a transferência de bens ou serviços para o cliente, em montante que reflita a contraprestação a que a entidade tem direito. A norma organiza este processo em cinco etapas que incluem a identificação do contrato e das obrigações de desempenho, a determinação e afetação do preço da transação e o reconhecimento do rédito à medida que essas obrigações são satisfeitas. A mensuração da contrapartida variável e a divulgação de incertezas associadas são aspetos essenciais que requerem julgamento profissional (IFRS Foundation, 2023).

A IFRS 9, Financial Instruments, estabelece os princípios de reconhecimento, classificação e mensuração dos instrumentos financeiros. Introduz o modelo de perdas de crédito esperadas, que requer a estimação antecipada de perdas com base em informação prospectiva. Define também critérios para mensuração ao custo amortizado ou ao justo valor, assegurando coerência entre o tratamento contabilístico e a realidade económica das transações (IFRS Foundation, 2023a).

A IFRS 13, Fair Value Measurement, complementa esse enquadramento ao definir uma estrutura comum para a mensuração ao justo valor. Considera o justo valor como o preço que seria recebido pela venda de um ativo ou pago pela transferência de um passivo numa transação ordenada entre participantes de mercado à data de mensuração. A norma hierarquiza os inputs utilizados na mensuração em três níveis, de acordo com a observabilidade de mercado, e impõe divulgações que reforçam a comparabilidade e a transparência (IFRS Foundation, 2023b).

A IAS 7, Statement of Cash Flows, requer a apresentação de uma demonstração dos fluxos de caixa que classifique as entradas e saídas em atividades operacionais, de investimento e de financiamento. Esta demonstração tem como finalidade evidenciar a capacidade da entidade para gerar e utilizar caixa e equivalentes de caixa, bem como permitir uma análise sobre as mudanças na sua posição financeira ao longo do tempo (IFRS Foundation, 2023c).

A IFRS 7, Financial Instruments: Disclosures, complementa as normas anteriores ao estabelecer requisitos de divulgação relacionados com instrumentos financeiros. As entidades devem fornecer informação sobre riscos de crédito, liquidez e mercado, bem como sobre políticas e práticas de gestão desses riscos. Estas divulgações permitem aos utilizadores compreender a exposição da entidade e avaliar a sensibilidade da sua posição financeira a alterações nas condições de mercado (IFRS Foundation, 2023d).

Para consolidar a aplicação prática destas normas, a Tabela 4 mapeia alguns dos principais desafios contabilísticos aos referenciais normativos que os enquadram.

Desafio Contabilístico	Norma Principal Aplicável	Foco da Norma
Mensuração de inventários perecíveis	IAS 2	Custo vs. Valor realizável líquido
Reconhecimento de receita em contratos complexos	IFRS 15	Transferência de controlo e obrigações de desempenho
Provisões para recalls de produtos	IAS 37	Probabilidade e fiabilidade da estimativa de uma obrigação
Risco de crédito e perdas esperadas	IFRS 9	Mensuração de imparidades com base em informação prospetiva
Evidência de auditoria em ambientes digitais	ISA 500	Suficiência e adequação da evidência

Tabela 4 - Mapeamento de Desafios Contabilísticos para Normas

Fonte: Elaboração Própria

2.2 Normas internacionais de auditoria e controlo

As Normas Internacionais de Auditoria, emitidas pelo International Auditing and Assurance Standards Board, e o COSO Internal Control – Integrated Framework constituem os principais referenciais que orientam a obtenção de evidência de auditoria e o desenho de sistemas de controlo interno. O seu objetivo é garantir que a informação

financeira preparada de acordo com as IFRS é fiável, completa e livre de distorções materiais, quer resultem de erro, quer de fraude (IAASB, 2019; COSO, 2013).

As normas de auditoria estruturam o trabalho do auditor em torno da identificação, avaliação e resposta aos riscos de distorção material. A ISA 315 estabelece os princípios para a compreensão da entidade e do seu ambiente e orienta a avaliação dos riscos de distorção material nas demonstrações financeiras. A ISA 500 define os critérios de suficiência e adequação da evidência de auditoria, especificando as fontes internas e externas que podem ser utilizadas. A ISA 540 aborda a auditoria de estimativas contabilísticas e exige uma análise crítica dos pressupostos e das fontes de dados utilizadas. A ISA 402 aplica-se às situações em que a entidade utiliza prestadores de serviços externos e determina que o auditor avalie a adequação dos controlos implementados e a dependência tecnológica existente (IAASB, 2019).

O modelo COSO apresenta cinco componentes interligados que formam a base para a avaliação da eficácia do controlo interno. O ambiente de controlo reflete a integridade, os valores éticos e a estrutura de governação da entidade. A avaliação de risco identifica e analisa riscos relevantes para o cumprimento dos objetivos organizacionais. As atividades de controlo correspondem a políticas e procedimentos destinados a mitigar riscos e a assegurar a execução das decisões de gestão. A informação e comunicação garantem que dados relevantes são recolhidos e partilhados de forma tempestiva e fiável. A monitorização envolve a avaliação contínua ou periódica da eficácia dos controlos e a implementação de medidas corretivas sempre que necessário (COSO, 2013).

A integração das ISA com o modelo COSO reforça a coerência entre relato financeiro, auditoria e governação. As IFRS definem o conteúdo e os critérios de reconhecimento e mensuração. As ISA estabelecem os procedimentos necessários para verificar a fiabilidade dessa informação. O COSO fornece a estrutura de controlo que sustenta a integridade dos dados e a confiança nos processos de reporte. Em conjunto, estes referenciais garantem que a informação financeira é preparada e auditada de acordo com padrões internacionais de transparência e consistência.

2.3 Articulação entre relato financeiro e auditoria

O relato financeiro e a auditoria partilham o mesmo propósito essencial: assegurar que a informação divulgada pelas entidades reflete com fidedignidade a sua posição financeira, o desempenho e os fluxos de caixa. Embora o relato financeiro defina o conteúdo e os

critérios de mensuração, cabe à auditoria verificar a conformidade e a fiabilidade dessa informação, avaliando se as demonstrações financeiras cumprem os princípios estabelecidos pelas normas internacionais.

As Normas Internacionais de Relato Financeiro, elaboradas pela IFRS Foundation, definem os requisitos de reconhecimento, mensuração e divulgação que conferem comparabilidade e transparência às demonstrações financeiras. As Normas Internacionais de Auditoria, emitidas pelo International Auditing and Assurance Standards Board, determinam os procedimentos necessários para recolher e avaliar evidência suficiente e adequada que sustente a opinião do auditor. Esta complementaridade é reforçada pelo enquadramento do COSO, que fornece a estrutura conceptual para a implementação de controlos internos eficazes e para a mitigação dos riscos de distorção material.

A articulação entre estes referenciais é determinante para garantir a credibilidade da informação financeira. As IFRS asseguram que a representação contabilística é completa e baseada em critérios consistentes. As ISA verificam a integridade dessa representação por meio de procedimentos de auditoria rigorosos. O COSO sustenta a fiabilidade do sistema de informação através de controlos preventivos e de mecanismos de monitorização contínua. A interação entre estas três dimensões cria um sistema integrado que liga a preparação, a verificação e a salvaguarda da informação financeira.

A convergência entre relato e auditoria é também essencial para a confiança dos utilizadores externos. Investidores, reguladores e outros stakeholders dependem de informação que seja não apenas relevante e tempestiva, mas também verificável e isenta de distorções. A aplicação consistente das IFRS e das ISA, sustentada por um controlo interno robusto, constitui o alicerce da credibilidade e da comparabilidade internacional dos relatórios financeiros.

A crescente digitalização dos processos de reporte e de auditoria reforça a importância desta articulação. O aumento do volume e da complexidade dos dados exige uma relação ainda mais estreita entre o relato contabilístico, os procedimentos de auditoria e o controlo interno. A fiabilidade dos sistemas de informação torna-se um requisito central para assegurar a qualidade das estimativas, a rastreabilidade das transações e a integridade das demonstrações financeiras.

Em síntese, o enquadramento normativo da contabilidade e da auditoria forma um sistema coerente que combina princípios conceptuais, requisitos técnicos e mecanismos de

controle. A interdependência entre as IFRS, as ISA e o modelo COSO garante que a informação financeira seja preparada, validada e comunicada de acordo com os mais elevados padrões de transparência e de fiabilidade. Esta base conceptual servirá de suporte à análise empírica apresentada nos capítulos seguintes, dedicada à aplicação prática das normas no contexto das demonstrações financeiras e dos sistemas de controle das entidades estudadas.

2.4 Síntese e implicações

O enquadramento normativo apresentado neste capítulo evidencia a interligação entre as normas de relato financeiro, as normas de auditoria e os referenciais de controle interno. Em conjunto, estes instrumentos formam uma base conceptual sólida que assegura a fiabilidade, a comparabilidade e a transparência da informação financeira produzida pelas entidades.

As Normas Internacionais de Relato Financeiro definem os critérios que orientam o reconhecimento, a mensuração e a divulgação de ativos, passivos, rendimentos e gastos. Cada norma responde a objetivos específicos, mas todas convergem na promoção da relevância e da fidedignidade da informação apresentada aos utilizadores. A IAS 2 regula a mensuração dos inventários e das imparidades, a IAS 37 estabelece as condições para o reconhecimento de provisões e contingências, a IFRS 15 define o momento e a mensuração do rédito, a IFRS 9 e a IFRS 13 tratam dos instrumentos financeiros e da mensuração ao justo valor, e a IAS 7 e a IFRS 7 reforçam a compreensão sobre fluxos de caixa, riscos de crédito e liquidez.

Em paralelo, as Normas Internacionais de Auditoria garantem que a informação preparada de acordo com as IFRS é examinada com base em critérios técnicos e evidência verificável. A ISA 315 orienta a identificação e avaliação de riscos de distorção material, a ISA 500 define os parâmetros de suficiência e adequação da evidência, a ISA 540 aborda o exame de estimativas contabilísticas e a ISA 402 estabelece diretrizes sobre entidades prestadoras de serviços. Estas normas convergem no propósito de reforçar a confiança no relato financeiro e de assegurar que as conclusões do auditor se fundamentam em procedimentos objetivos e consistentes.

O modelo de controle interno proposto pelo COSO complementa esse enquadramento ao definir os princípios estruturantes que garantem a integridade dos processos e a eficácia da governação. O ambiente de controle, a avaliação de riscos, as atividades de controle,

a informação e comunicação e a monitorização contínua constituem pilares fundamentais para a prevenção de erros e fraudes e para o reforço da responsabilidade organizacional.

A articulação entre as IFRS, as ISA e o COSO resulta numa estrutura integrada que sustenta todo o ciclo da informação financeira: preparação, validação e comunicação. Essa interdependência confere coerência ao sistema contabilístico e assegura que a informação financeira reflete a realidade económica de forma transparente, auditável e comparável.

As implicações deste enquadramento são particularmente relevantes para a investigação e para a prática profissional. Por um lado, evidenciam a necessidade de abordagens interdisciplinares que considerem simultaneamente as dimensões contabilística, financeira e de controlo. Por outro, reforçam a importância de adaptar os sistemas de informação e os procedimentos de auditoria a um contexto cada vez mais digitalizado, onde a rastreabilidade e a integridade dos dados assumem papel central na fiabilidade do relato.

Assim, este capítulo estabelece a base conceptual e normativa que orienta a análise desenvolvida no capítulo seguinte. O Capítulo 3 apresentará a metodologia de investigação adotada, descrevendo os critérios de seleção do caso de estudo, as fontes de informação e os procedimentos analíticos utilizados para avaliar a aplicação prática dos referenciais contabilísticos e de auditoria anteriormente enquadrados.

3. Metodologia

Concluída a análise do enquadramento normativo e conceptual que alicerça o relato financeiro e a auditoria, impõe-se delinear a estratégia metodológica que suporta o estudo. É a metodologia que estabelece a ponte operativa entre a fundamentação teórica e a análise aplicada, garantindo um percurso coerente e verificável.

3.1 Questões de Investigação e Estrutura Metodológica

A investigação é guiada por três questões centrais que exigem tanto uma compreensão teórica do fenómeno como uma análise da sua aplicação prática:

Q1. Quais são os mecanismos da *Blockchain* e dos *Smart Contracts* com impacto direto nos processos de reconhecimento, mensuração, apresentação, divulgação, controlo interno e auditoria?

Q2. De que modo esses mecanismos se relacionam com os requisitos e princípios das IAS/IFRS e das ISA, e que alterações às políticas contabilísticas e aos procedimentos de auditoria podem resultar dessa relação?

Q3. Quais as condições contextuais, tipo de rede, exigências de transparência, privacidade, interoperabilidade e desenho de governação, que influenciam a materialização dos benefícios e riscos associados à adoção da *Blockchain*?

Para responder a estas questões, o desenho da investigação foi estruturado em duas etapas metodológicas distintas, mas complementares: uma etapa de fundamentação teórica e uma etapa de análise empírica. A orientação geral do estudo segue o enquadramento proposto por Robert K. Yin (2014), que caracteriza o estudo de caso como uma estratégia de investigação particularmente adequada à exploração de fenómenos contemporâneos inseridos em contextos reais e complexos, nos quais as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não estão claramente definidas. Esta opção metodológica justifica-se pela natureza multidimensional da tecnologia *Blockchain* e pelo seu impacto transversal nas práticas de relato e auditoria.

3.2 Análise dos conteúdos e triangulação dos dados

Estrategicamente desenhada em duas etapas complementares, a investigação articulou de forma orgânica a dimensão teórica com a vertente empírica, permitindo que o

enquadramento conceptual informasse, desde o início, as opções metodológicas e a leitura dos resultados.

A fase inaugural consistiu numa revisão sistemática da literatura destinada a fixar o estado da arte sobre a tecnologia *Blockchain* e o respetivo enquadramento normativo. Para tal, recorreu-se a bases de dados académicas de elevada reputação, como a Scopus e a Web of Science, bem como a publicações de organismos normalizadores, entre os quais se destacam a IFRS Foundation e o IAASB. O ponto fulcral residiu em duas tarefas convergentes: por um lado, consolidar os fundamentos técnicos da *Blockchain*, por outro lado, identificar as normas de contabilidade e de auditoria que sustentariam o referencial analítico mobilizado na leitura empírica subsequente. Daqui decorreu um quadro conceptual coeso, a partir do qual se delineou a grelha de observação dos casos.

Dando seguimento a esta linha de trabalho, a segunda fase adotou um desenho de estudo de casos múltiplos, de natureza qualitativa e exploratória, adequado à compreensão aprofundada de fenómenos contemporâneos e multifacetados, como é o impacto organizacional da tecnologia *Blockchain*. A escolha por múltiplos casos, em vez de um único, abriu espaço a contrastes intersetoriais e entre diferentes implementações, o que, por sua vez, reforçou a robustez inferencial das conclusões e permitiu descortinar regularidades transversais.

A seleção dos casos empresariais foi intencional e orientada por critérios cumulativos. Primeiro, a relevância do contexto, privilegiando realidades em que a rastreabilidade e a integridade da informação assumem carácter crítico. Segundo, a maturidade das soluções, contemplando implementações em produção ou pilotos em fase avançada. Terceiro, a disponibilidade informativa, assegurando a existência de documentação pública suficiente e fidedigna, condição necessária para uma análise documentada e replicável.

No plano operacional, a recolha de dados assentou numa análise documental aprofundada, ancorada na triangulação de fontes (relatórios corporativos, comunicados de imprensa e white papers), estratégia que visou mitigar enviesamentos e elevar a fiabilidade do corpus. A interpretação dos materiais seguiu uma análise de conteúdo de índole temática, através da qual se relacionaram os impactos operacionais observados em cada caso com o quadro normativo consolidado na fase inicial. Importa sublinhar que este encadeamento analítico permitiu converter a evidência empírica em implicações

contabilístico-financeiras objetivas, servindo de base à discussão que se desenvolve nos capítulos seguintes.

CAPÍTULO IV – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

4. Análise de Casos Empresariais e Implicações Contabilístico-Financeiras

4.1 Introdução e enquadramento conceptual

Mais do que um mero artefacto tecnológico, a *Blockchain* tem vindo a afirmar-se como infraestrutura institucional capaz de reconfigurar relações económicas em redes interorganizacionais. Enquanto registo distribuído, dotado de imutabilidade, autenticação criptográfica e mecanismos de consenso descentralizado, a sua adoção projeta-se como via para reduzir custos de agência e mitigar assimetrias de informação, sobretudo em ecossistemas marcados por coordenação complexa e baixos níveis de confiança entre pares (Pilkington, 2016; Wang *et al.*, 2019).

Daqui decorre que os seus efeitos ultrapassam a esfera da eficiência operacional. A literatura tem demonstrado que a *Blockchain* reconfigura custos de transação, reordena incentivos e desloca fronteiras da firma, com impactos diretos na arquitetura dos modelos de negócio e, por arrastamento, na mensuração, no reconhecimento e na evidenciação contabilística (Morkunas, Paschen, & Boon, 2019; Xu, Chen, & Kou, 2019).

Importa, todavia, recentrar o problema económico que legitima esta discussão. Cadeias globais de abastecimento e serviços financeiros transfronteiriços continuam enredados em circuitos documentais morosos, fragmentados e pouco interoperáveis. É justamente aqui que se ancora a proposta de valor: instituir uma “fonte única de verdade” partilhada, com registos invioláveis de eventos e documentos críticos, o que, por sua vez, reduz reconciliações, encurta ciclos de caixa e reforça a auditabilidade. O ponto fulcral reside em que a confiança deixa de ser produto da intermediação hierárquica para passar a ser garantida pelo desenho do sistema.

Mantendo o fio condutor, o capítulo analisa oito experiências de adoção empresarial em diferentes sectores, explicitando como essas iniciativas impactam a prática contabilística, o reporte financeiro e o exercício da auditoria. Pretende-se, com isto, construir uma leitura integrada que parta do desenho do caso e acompanhe o trilha dos efeitos nas demonstrações financeiras e nos respetivos testes de verificação.

4.2 Quadro normativo de referência: IFRS, ISA e controlo interno

A análise dos impactos contabilísticos de soluções baseadas em *Blockchain* exige mapeamento normativo rigoroso às IFRS e às ISA, além do alinhamento com princípios de controlo interno. Torna-se, por conseguinte, necessário delimitar as normas mais frequentemente convocadas: IFRS 15 (reconhecimento de rédito e contrapartida variável), IAS 2 (mensuração de inventários pelo menor entre custo e valor realizável líquido), IFRS 9 (perdas de crédito esperadas em contas a receber), IFRS 13 (mensuração ao justo valor), IAS 37 (provisões e passivos contingentes) e IAS 7 (efeitos em fluxos de caixa). No domínio da auditoria, avultam a ISA 315 (identificação e avaliação do risco) e a ISA 500 (suficiência e adequação da evidência), por outro lado, os cinco componentes do COSO orientam o desenho e a testabilidade dos controlos, tanto gerais como de aplicação.

Numa outra perspetiva, as especificidades das redes permissionadas de uso empresarial intensificam o diálogo entre tecnologia e conformidade. Plataformas como a Hyperledger Fabric disponibilizam canais privados, políticas de endosso e coleções de dados privados, tais mecanismos favorecem a segregação de funções, a confidencialidade comercial e a produção de trilhos de auditoria robustos. Ressalva-se, no entanto, que a utilidade destes artefactos depende do seu enquadramento governativo (quem valida, quem lê, quem pode alterar metadados) e da qualidade do desenho dos controlos a montante e a jusante.

Importa sublinhar que a fiabilidade da evidência extraída de uma *Blockchain* permissionada não se esgota na robustez criptográfica. Resulta, também, da coerência entre políticas de endosso, gestão de identidades, segregação de acessos e registos de auditoria, fatores que condicionam a suficiência e a adequação da evidência nos termos da ISA 500. Daqui decorre a necessidade de o auditor considerar, em conjunto, a arquitetura de rede, os controlos gerais de TI e os controlos ao nível do processo, assegurando que o artefacto tecnológico serve, e não substitui, o julgamento profissional e os requisitos normativos.

4.3 Cadeia agroalimentar: IBM Food Trust, Walmart e Carrefour

4.3.1 IBM Food Trust e a redução drástica do tempo de rastreio

4.3.1.1 Contexto e desafio empresarial

No universo agroalimentar, persistem dois obstáculos com efeitos sistémicos: a opacidade das cadeias de abastecimento e a morosidade na produção de informação fiável. Ambas

as fragilidades repercutem-se de forma direta na proteção do consumidor e na capacidade de resposta das autoridades. É neste quadro que o IBM Food Trust se impõe como demonstração empírica em ambiente real, evidenciando como a *Blockchain* pode disciplinar cadeias complexas e materializar ganhos de rastreabilidade, transparência e eficiência operacional, com impacto em controlo de qualidade, redução de custos e mitigação de riscos (High, 2020). O caso paradigmático da manga é ilustrativo: localizar a origem de um lote, tarefa que em procedimentos tradicionais podia arrastar-se por mais de seis dias, passou a exigir apenas 2,2 segundos. Fica patente, assim, um salto qualitativo na velocidade informacional e na confiança entre intervenientes, com utilidade imediata para a atuação sanitária e regulatória (High, 2020). A escala do problema é sobejamente conhecida: estimativas da Organização Mundial da Saúde apontam para um em cada dez consumidores afetados anualmente por doenças de origem alimentar (World Health Organization, 2015, como citado em High, 2020).

4.3.1.2 A solução baseada em *Blockchain*

O desenho da solução assenta num registo distribuído e imutável que recolhe, valida e difunde eventos críticos ao longo da cadeia, diminuindo a dependência de intermediários de confiança e simplificando reconciliações. Nesta mesma linha, a Golden State Foods, responsável por dezenas de milhares de entregas semanais, integra o ecossistema através da monitorização em tempo quase real de condições de transporte e do desempenho da frota. A arquitetura articula sensores de Internet of Things com *Smart Contracts* ancorados no ledger, o que permite automatizar fluxos, reforçar a segurança operacional e otimizar a gestão energética e logística (High, 2020; Wang *et al.*, 2019). Daqui resulta que processos até então fragmentados passam a operar num trilho transacional único, verificável por todos os participantes autorizados.

4.3.1.3 Impactos operacionais e resultados

Os efeitos são tangíveis e mensuráveis, para além da redução do tempo de rastreio para 2,2 segundos, observa-se compressão de custos de transação e substituição de mecanismos tradicionais de reporte por um registo partilhado e verificável, altamente valorizado no agroalimentar, onde a robustez informacional é condição para a gestão do risco e para a conformidade regulatória (Pilkington, 2016). Em coerência com esta dinâmica, o IBM Food Trust tem catalisado práticas de cadeia circular, com melhorias em reciclagem, redistribuição e remanufactura, documentam-se reduções de desperdício

alimentar e ganhos de eficiência energética, com reflexo na performance ambiental e nos compromissos de responsabilidade social corporativa, hoje centrais no relato integrado e no reporte ESG (Centobelli, Cerchione, Esposito, & Oropallo, 2022). Importa, reconhecer a maturidade ainda emergente do ecossistema, as divulgações corporativas analisadas por Stratopoulos, Wang e Ye mostram a predominância de pilotos e iniciativas exploratórias, razão pela qual implementações operacionais em escala, como a da IBM, desempenham um papel credibilizador perante reguladores e investidores, ao demonstrarem viabilidade e captura de valor em contexto real (Stratopoulos, Wang, & Ye, 2020). Persiste, ademais, uma condição estrutural frequentemente salientada na literatura: a tecnologia é um “team sport”. A utilidade da rede depende de adesão efetiva e de coordenação entre produtores, transformadores, distribuidores e retalhistas, o que reclama modelos de governação e partilha de benefícios capazes de acomodar assimetrias culturais e tecnológicas (Morkunas, Paschen, & Boon, 2019; Zhang, Xue, Liu, & Xu, 2022).

4.3.1.4 Implicações para a contabilidade e auditoria

Do ponto de vista contabilístico-financeiro, a melhoria da qualidade, tempestividade e granularidade dos dados concorre para a redução de custos de agência e de compliance, ao mitigar redundâncias documentais e assimetrias de informação entre parceiros. Este reforço informacional repercute-se na qualidade das decisões estratégicas, com especial pertinência em cadeias internacionais expostas a riscos de fraude, contrafação e incumprimento normativo (Al-Jaroodi & Mohamed, 2019; Xu, Chen, & Kou, 2019). No plano normativo, a rastreabilidade acrescida e o trilho imutável robustecem a evidência de auditoria para as asserções, em conformidade com a ISA 500, articulam-se com a avaliação de riscos prevista na ISA 315 e com as respostas delineadas na ISA 330, além de suportarem procedimentos de deteção e prevenção contemplados na ISA 240. No reconhecimento e mensuração, a granularidade transaccional pode aprimorar a mensuração de inventários ao abrigo da IAS 2 e sustentar políticas de imparidade e de provisões mais tempestivas, quando justificadas. Em paralelo, a informação operacional registada por *Smart Contracts* facilita o mapeamento de acontecimentos geradores e de obrigações de desempenho, favorecendo uma aplicação mais consistente dos critérios de reconhecimento e a coerência das divulgações. Numa perspetiva complementar, a evolução de métricas ambientais e de eficiência de recursos contribui para a consistência e auditabilidade do relato de sustentabilidade, hoje enquadrado pelas exigências de

reporte ESG e pelos referenciais internacionais aplicáveis. Em suma, a evidência acumulada aponta para potenciais reduções de custos de auditoria e de conformidade, reforçando em simultâneo a confiança de investidores e reguladores na fiabilidade do reporte financeiro e não financeiro (Pilkington, 2016; Al-Jaroodi & Mohamed, 2019; Xu *et al.*, 2019; Stratopoulos *et al.*, 2020; Morkunas *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2022).

4.3.2 Walmart: do piloto à imposição a fornecedores críticos

4.3.2.1 Contexto e desafio empresarial

A Walmart enfrentava um problema típico de cadeias de abastecimento extensas: localizar a origem de um lote de mangas podia consumir quase sete dias, prazo manifestamente incompatível com respostas céleres a incidentes de segurança alimentar e com a preservação de inventários perecíveis. Dessa morosidade advinham custos relevantes associados a recolhas alargadas, perdas de stock e risco acrescido de litigância, além de efeitos corrosivos sobre a confiança de reguladores e consumidores (Sristy, 2021). As comunicações públicas reportam, entretanto, um salto qualitativo: o tempo de rastreio foi comprimido para cerca de 2,2 segundos, desempenho que sustentou a formalização de requisitos obrigatórios em categorias sensíveis, como os vegetais folhosos, articulando tecnologia, políticas de segurança alimentar e conformidade regulatória (Sristy, 2021). O caso evidencia, portanto, não só ganhos operacionais imediatos, como também efeitos mensuráveis na mitigação do risco reputacional, jurídico e regulatório em cenários de contaminação.

4.3.2.2 A solução baseada em *Blockchain*

O ponto de partida remonta a 2016, com um piloto desenvolvido em parceria com a IBM e a Tsinghua University, destinado a testar uma arquitetura permissionada adequada a ecossistemas empresariais. A escolha de uma rede permissionada delimitou o acesso a participantes autorizados, preservou a confidencialidade comercial e, simultaneamente, assegurou imutabilidade e verificabilidade das transações. Trata-se de um desenho particularmente ajustado a contextos interorganizacionais que reclamam prova de integridade de dados sem divulgação irrestrita de informação competitiva (LF Decentralized Trust, 2023; Morkunas, Paschen, & Boon, 2019).

4.3.2.3 Impactos operacionais e resultados

O efeito mais emblemático consiste na redução do tempo de rastreio de quase sete dias para 2,2 segundos. A solução escalou para mais de duas dezenas de categorias, incluindo vegetais frescos, carne, laticínios e saladas embaladas, e, em 2018, a empresa impôs o uso do sistema aos fornecedores de vegetais folhosos. A visibilidade de ponta a ponta passou a habilitar respostas mais rápidas a incidentes, afinação da gestão de inventários e um planeamento logístico com melhor suporte preditivo, tal como documentado em análises de gestão publicadas em meios académicos e profissionais (LF Decentralized Trust, 2023). Em paralelo, o registo partilhado e imutável atenua divergências e manipulação de dados, eleva a qualidade da evidência utilizada em auditorias e sustenta decisões com informação mais tempestiva. A rastreabilidade em tempo quase real mitiga risco regulatório e reputacional, podendo ainda influenciar positivamente a perceção dos investidores pela diminuição da incerteza informacional e pela maior previsibilidade dos fluxos operacionais (Xu, Chen, & Kou, 2019). A automatização do rastreio reduz reconciliações manuais, melhora o corte e a imputação de custos de transporte aos inventários e diminui custos indiretos, libertando recursos para atividades de maior valor acrescentado. A disponibilidade de dados granulares sobre origem, tempos de trânsito e condições de armazenamento robustece processos de compliance e de governação, facilita a conformidade com requisitos de rastreabilidade e sustenta o reporte financeiro e não financeiro, incluindo métricas ESG (Centobelli, Cerchione, Esposito, & Oropallo, 2022). Não obstante, a eficácia depende da participação ativa de toda a rede, incluindo pequenos produtores com capacidades tecnológicas heterogéneas. A integração com sistemas legados, como ERP, WMS e TMS, exige investimento em interoperabilidade e governação de dados, além de custos de formação e adaptação processual passíveis de gerar resistência inicial, sobretudo entre fornecedores de menor escala (Xu *et al.*, 2019).

4.3.2.4 Implicações para a contabilidade e auditoria

Do prisma contabilístico e de auditoria, o ponto fulcral reside na qualidade, tempestividade e granularidade dos dados gerados. A informação capturada na *ledger* permite cortes temporais mais rigorosos, melhora o mapeamento de fluxos físicos e documentais e reduz assimetrias entre parceiros, o que se traduz em menor custo de agência e de compliance. Em termos normativos, a robustez do trilho de auditoria reforça a evidência para as asserções subjacentes, em coerência com a ISA 500, articula-se com a identificação e avaliação de riscos (ISA 315) e com as respostas de auditoria (ISA 330), além de apoiar procedimentos de prevenção e deteção de fraude (ISA 240). No

reconhecimento e mensuração, a granularidade transacional aprimora a mensuração de inventários ao abrigo da IAS 2, em particular na imputação de custos de transporte, nos critérios de corte e na determinação de perdas por obsolescência ou deterioração, quando aplicável. Numa outra perspectiva, o registo sistemático de condições de armazenamento e tempos de trânsito eleva a consistência do relato não financeiro e a auditabilidade de indicadores ESG que, de forma crescente, se repercutem no relato integrado. Em síntese, consolida-se a fiabilidade do reporte e antevê-se uma compressão dos custos de auditoria e de conformidade, em linha com a evidência empírica e com os efeitos observados em projetos operacionais que justificam a decisão de escalabilidade.

4.3.3 Carrefour: transparência até ao consumidor e impacto comercial

4.3.3.1 Contexto e desafio empresarial

Num setor caracterizado por margens curtas e escrutínio regulatório crescente, a vantagem competitiva emerge, em larga medida, da capacidade de garantir transparência e segurança alimentar ao consumidor. É neste quadro que o Carrefour se afirma como pioneiro europeu na adoção de soluções de rastreabilidade baseadas em *Blockchain*, reportando efeitos mensuráveis na confiança do consumidor e no desempenho comercial das categorias abrangidas, bem como a ambição de cristalizar um padrão global de rastreabilidade. O ponto fulcral reside em transformar a rastreabilidade de um requisito defensivo num ativo estratégico, alavancando credibilidade e diferenciação de marca (Carrefour, 2019; IBM, 2019.).

4.3.3.2 A solução baseada em *Blockchain*

O retalhista integrou a sua cadeia de abastecimento na IBM Food Trust, assente em *Hyperledger Fabric*, com o objetivo de seguir cada lote desde a origem até ao ponto de venda. A cada produto passou a corresponder um identificador digital único, acessível via código QR, que disponibiliza ao consumidor informação de produção, práticas agrícolas, certificações e marcos logísticos. Do desenho técnico resulta um registo imutável dos eventos de colheita, expedição, trânsito, receção em armazém e chegada à loja, acompanhado de partilha seletiva de dados entre produtores, distribuidores, reguladores e consumidores. Daqui decorre uma visibilidade quase em tempo real para controlo de frescura, rastreabilidade e recall, conciliando confidencialidade com verificabilidade e, por conseguinte, elevando a qualidade do reporte operacional (Carrefour, 2019; IBM, 2019).

4.3.3.3 Impactos operacionais e resultados

Os resultados comunicados apontam para reforço da confiança do consumidor e incrementos de vendas nas linhas rastreáveis, redução do tempo de rastreamento de dias para segundos em incidentes de segurança alimentar e maior eficiência documental para reguladores e fornecedores, com diminuição de redundâncias administrativas. A natureza verificável do registo gerou diferenciação competitiva e consolidou a imagem do Carrefour como agente inovador e comprometido com a sustentabilidade (Carrefour, 2019; IBM, 2019). Importa ainda salientar que a criação de valor em escala depende da adesão efetiva de toda a rede, incluindo pequenos produtores com capacidades tecnológicas heterogéneas. Acresce que a integração com sistemas legados (ERP, WMS e TMS) reclama investimentos em interoperabilidade e governação de dados, para além de esforços de formação e adaptação processual suscetíveis de gerar resistência inicial. Em sentido inverso, a maturidade desses vetores de integração tende a desbloquear economias de aprendizagem e a estabilizar os ganhos operacionais.

4.3.3.4 Implicações para a contabilidade e auditoria

A granularidade por eventos e por lotes eleva a qualidade, a tempestividade e a auditabilidade da informação. Em mensuração, torna-se viável distinguir, em tempo útil, inventários sujeitos a deterioração, perdas de frescura ou restrições de venda, o que melhora a aplicação da IAS 2. A rastreabilidade de ponta a ponta permite circunscrever o âmbito de recolhas e, por consequência, reduzir o montante de provisões por contingências sanitárias ao abrigo da IAS 37. Do ponto de vista de auditoria, o trilho imutável robustece asserções de existência, integridade e corte, com potencial para reduzir a extensão de testes substantivos em armazéns e lojas e para elevar a testabilidade de controlos automáticos associados a receções, transferências e saídas, em coerência com a ISA 500, articulando-se com a identificação e avaliação de riscos da ISA 315 e com as respostas previstas na ISA 330. Na ótica do relato, a infraestrutura funciona como sistema fonte de métricas ESG, reforçando a qualidade e a assegurabilidade da informação exigida por enquadramentos como a CSRD. Para avaliação económico-financeira, podem ser mobilizados indicadores operacionais e de reporte, nomeadamente: percentagem do inventário coberta por rastreabilidade em *Blockchain*, tempo médio de rastreamento em eventos de recall, variação das imparidades por validade ou frescura antes e depois da implementação, custo anual com recalls e provisões legais e evolução

das vendas nas categorias rastreáveis. A compreensão destes indicadores é, pois, o alicerce sobre o qual se edifica a análise de criação de valor e de mitigação de risco.

4.4 Cadeia logística e marítima: Maersk e o conhecimento eletrónico

4.4.1 Contexto e desafio empresarial

No transporte marítimo de contentores, a proliferação de documentos e a heterogeneidade de sistemas entre operadores, portos e autoridades aduaneiras erodem a visibilidade ponta a ponta e prolongam ciclos de validação (Dutta *et al*, 2020). Para mitigar estas fricções, a A. P. Moller–Maersk e a IBM lançaram a TradeLens, concebida como plataforma permissionada de dados logísticos orientada à padronização de eventos e documentos críticos. A iniciativa reportou reduções assinaláveis de passos operacionais na consulta e confirmação de informação. Ressalva-se, no entanto, que em novembro de 2022 a Maersk anunciou o encerramento do programa por falta de viabilidade comercial enquanto plataforma autónoma, sublinhando uma conclusão de alcance mais vasto, a tecnologia é condição necessária, mas não suficiente sem adesão ampla e um modelo de governação percebido como neutro por todo o ecossistema (Maersk, 2018 e 2022; Reuters, 2022).

4.4.2 A solução baseada em *Blockchain*

A TradeLens estruturou-se como rede permissionada capaz de agregar e normalizar *milestones* logístico envio, transbordo, despacho aduaneiro, chegada e entrega, bem como a respetiva documentação, permitindo a portos, terminais, transportadores e aduanas publicar e validar dados num registo partilhado. O desenho técnico procurou compatibilizar confidencialidade operacional com verificabilidade, oferecendo trilhos de auditoria consistentes a todos os participantes autorizados. Nesta mesma senda, a solução foi testada com múltiplas aduanas e portos, com reporte de ganhos processuais relevantes na consulta e validação de informação (Maersk, 2018; Reuters, 2022).

4.4.3 Impactos operacionais e resultados

Os pilotos e as primeiras implementações evidenciaram compressão de tarefas manuais e maior previsibilidade documental. Em sentido inverso, a incapacidade de atingir massa crítica e de instituir uma governação amplamente aceite conduziu ao encerramento do programa. Daqui decorre uma lição central para redes distribuídas, a captura de valor depende de adesão alargada e de estruturas de governação credíveis e inclusivas (Maersk, 2022; Reuters, 2022). Em paralelo, o setor avançou no conhecimento de embarque

eletrónico (eBL), hoje suportado por padrões da *Digital Container Shipping Association* e por um enquadramento jurídico que, no Reino Unido, conferiu equivalência legal a documentos eletrónicos transferíveis. Este duplo movimento reduz risco jurídico e reforça a aceitabilidade da evidência digital para efeitos de auditoria e reporte (DCSA, 2025; Electronic Trade Documents Act 2023).

4.4.4 Implicações para a contabilidade e auditoria

Para operadores de transporte e logística, marcos contratuais mais observáveis e documentação eletrónica fiável melhoram a mensuração do progresso ao abrigo da IFRS 15 e sustentam a estimação de contrapartida variável em atrasos e detenção. O encurtamento dos ciclos documentais antecipa faturação e cobrança, com impacto no ciclo de conversão de caixa reportado segundo a IAS 7. Em contratos onerosos, a granularidade de eventos robustece a base de estimação para provisões nos termos da IAS 37. Importa ainda salientar que a equivalência legal de títulos eletrónicos, combinada com maior auditabilidade dos fluxos documentais, favorece a qualidade e a assegurabilidade do reporte, tanto financeiro como não financeiro.

4.5 Cadeia de fornecimento eletrónica: Samsung SDS

4.5.1 Contexto e Desafio Empresarial

Concebido pela Samsung SDS, o ecossistema Cello integra um módulo de confiança suportado por *Blockchain*, apto a federar registos logísticos, reconhecimento ótico de caracteres e dados de sensores para o acompanhamento de produtos sensíveis às condições de transporte. O Cello Trust disponibiliza prova de origem, monitorização em tempo quase real e partilha seletiva de informação entre intervenientes. A arquitetura assenta numa rede permissionada cujos nós de consenso são detidos por entidades de confiança, tal opção preserva a confidencialidade e, simultaneamente, assegura a auditabilidade de eventos críticos. A este núcleo soma-se a camada AIoT, que introduz análises preditivas e otimização de rotas. Relatos da própria empresa e da imprensa especializada convergem na indicação de reduções assinaláveis de custos logísticos em múltiplos cenários operacionais (Samsung SDS, 2023; Supply Chain Brain, 2018; Samsung SDS, 2024).

4.5.2 A Solução Baseada em *Blockchain*

O Cello Trust estrutura-se em quatro componentes nucleares, sendo o primeiro, um registo distribuído permissionado que recolhe eventos da cadeia de abastecimento, com carimbo temporal e políticas de acesso por perfil, seguido de um módulo de captura documental com OCR que converte guias e certificados em objetos pesquisáveis e verificáveis. Terceiro, telemetria IoT (temperatura, humidade e localização) associada a códigos QR que identificam univocamente unidades logísticas. Por último, análises AIoT orientadas para a deteção precoce de desvios e para o apoio à decisão. Esta composição estabelece um repositório operativo de referência, no qual a imutabilidade se articula com a rastreabilidade de ponta a ponta (Samsung SDS, 2023, 2024).

4.5.3 Impactos Operacionais e Resultados

Pilotos e implementações comerciais evidenciam reduções potenciais de custos logísticos, mitigação de erros administrativos e ganhos de visibilidade ao longo de toda a cadeia em bens de alto valor ou sensíveis. Entre os casos divulgados, avultam cadeias de frio monitorizadas e mecanismos de autenticação de origem, com impacto direto na confiança do cliente e na eficiência da rede de distribuição. A integração nativa no ecossistema Cello favorece trajetórias de adoção progressiva, evitando a necessidade de criar infraestrutura paralela (Supply Chain Brain, 2018; Samsung SDS, 2023).

A aferição dos efeitos da integração tecnológica deve assentar em métricas quantitativas que traduzam eficiência, qualidade informacional e tempestividade do relato. Destacam-se:

- A percentagem de ordens com eventos provenientes de dispositivos IoT devidamente registados;
- O tempo médio entre a deteção de um desvio e a execução da ação corretiva.

Em reforço, o tempo médio de conciliação documental por embarque e o número de intervenções manuais por processo permitem avaliar o grau de automatização e a consistência dos fluxos de informação. A variação do custo logístico por unidade expedida e a taxa de erros de documentação identificados por sistemas de OCR constituem indicadores apropriados de eficiência e fiabilidade dos registos. Finalmente, indicadores financeiros como dias médios de contas a receber e rotação de inventário devem ser correlacionados com os ganhos de tempestividade e qualidade dos dados decorrentes da digitalização e do uso de tecnologias distribuídas (Samsung SDS, 2023; IFRS Foundation, 2023).

A par dos benefícios operacionais, subsistem riscos e limitações à adoção. Três barreiras surgem com maior recorrência. A primeira decorre da adesão heterogênea por parte de pequenos fornecedores, muitas vezes condicionados por restrições tecnológicas e financeiras. A segunda prende-se com desafios de integração com sistemas legados (ERP, WMS e TMS), que exigem investimento em interoperabilidade e governação de dados. A terceira relaciona-se com a dependência tecnológica, com riscos de concentração e de portabilidade. Como linhas de mitigação, privilegiam-se padrões abertos, programas estruturados de *onboarding* técnico, governação de dados interorganizacional e políticas claras de interoperabilidade e portabilidade (Samsung SDS, 2023).

4.5.4 Implicações para a Contabilidade e Auditoria

A captura automática de eventos com carimbo temporal reduz reconciliações manuais e melhora o corte, bem como a imputação de custos logísticos aos inventários. A rastreabilidade granular, conjugada com evidência digital imutável, robustece a mensuração ao abrigo da IAS 2, em especial na avaliação de condição, validade e perdas, atenuando a incerteza de mensuração em imparidades. Nos serviços logísticos, a maior observabilidade de marcos operacionais torna mais fiável a mensuração do progresso e da contrapartida variável segundo a IFRS 15. A aceleração documental encurta o ciclo de conversão de caixa e pode influenciar os fluxos operacionais reportados pela IAS 7. O mapeamento de controlos automáticos para os componentes e princípios do COSO reforça o ambiente de controlo. No domínio da auditoria, trilhos com garantias criptográficas elevam a fiabilidade da evidência, em coerência com a ISA 500, e apoiam a identificação e avaliação de riscos no âmbito da ISA 315 (COSO, 2013; IAASB, 2019; IAASB, 2021; IFRS Foundation, 2023).

4.6 Rastreabilidade mineral: De Beers e a plataforma Tracr

4.6.1 Contexto e Desafio Empresarial

Em 2018, a De Beers concluiu o primeiro rastreio integral de cem diamantes, da extração ao retalho, em 2022, colocou a plataforma Tracr em produção à escala e, em 2023, anunciou a abertura da rede à restante indústria. As comunicações corporativas e a cobertura especializada convergem numa ambição inequívoca: registar milhões de pedras com garantias de origem e de cadeia de custódia, assegurando, em paralelo, a partilha seletiva de dados entre participantes qualificados (Mining Technology, 2018, Tracr, 2023). O enquadramento regulatório adensou a materialidade da rastreabilidade após as

restrições do G7 e da União Europeia a diamantes de origem russa, daqui decorre uma procura acrescida por prova digital credível de proveniência e de conformidade aduaneira (European Commission, 2023; Reuters, 2023).

4.6.2 A Solução Baseada em *Blockchain*

A resposta tecnológica estrutura-se num registo distribuído permissionado, cada diamante recebe um identificador digital único e os eventos do seu ciclo de vida, desde a mina até ao ponto de venda, são registados de forma imutável, com políticas de privacidade que viabilizam a partilha controlada de informação entre intervenientes autorizados (Tracr, 2023). A articulação entre o objeto físico e o registo digital é robustecida por microinscrição a laser quase invisível, associando a pedra ao respetivo registo e elevando a confiança de auditores e autoridades na integridade do trilha de auditoria (Raghavendra, 2021).

4.6.3 Impactos Operacionais e Resultados

Para consumidores, a plataforma sustenta decisões de compra informadas sobre origem responsável, para reguladores, oferece evidência ponta a ponta que mitiga retenções em fronteira e reduz devoluções motivadas por proveniência não elegível, e para investidores institucionais, melhora a aderência a critérios de sustentabilidade e governação, com potencial atenuação de riscos jurídicos e reputacionais (GIA, 2023; Reuters, 2023). Numa outra perspetiva, a plena materialização destes benefícios depende da qualidade dos dados na origem, da integração efetiva de pequenos produtores e de um modelo de governação percebido como neutro. Persistem custos de adesão e dúvidas quanto à centralidade do operador da rede, fatores que podem tolher os efeitos de rede antecipados (Tracr, 2023).

Para aferição objetiva dos resultados, recomenda-se acompanhar:

- A percentagem de inventário com prova digital completa;
- O tempo médio de validação por pedra;
- A incidência de retenções alfandegárias em jurisdições do G7 e da União Europeia antes e depois da adoção;
- O número de devoluções por origem contestada e o valor correspondente de passivos de reembolso;
- As horas de reconciliação de inventário e os custos de auditoria;
- O valor de imparidades associadas a restrições geográficas.

4.6.4 Implicações para a Contabilidade e Auditoria

A granularidade e a robustez do trilho digital repercutem-se diretamente no relato financeiro. Em IAS 2, a segmentação por origem e por cadeia de custódia suporta imparidades seletivas quando existam restrições de venda e evita desvalorizações indevidas em lotes elegíveis, aprimorando a mensuração pelo menor entre custo e valor realizável líquido (IFRS Foundation, 2023). Em IFRS 15, a redução de disputas sobre origem diminui passivos de reembolso e provisões comerciais associadas a devoluções e garantias. Em IAS 37, a prova digital credível baixa a probabilidade e o montante de provisões relacionadas com contingências regulatórias e retenções alfandegárias. No domínio do controlo interno e da auditoria, o registo imutável com carimbo temporal reforça as asserções de existência, integridade, corte e direitos e obrigações, ao mesmo tempo que sustenta atividades de controlo alinhadas com o COSO, o que incrementa a suficiência e a adequação da evidência de auditoria previstas na ISA 500 e na orientação do IAASB (COSO, 2013; IAASB, 2019). No reporte de sustentabilidade, os dados operacionais provenientes da Tracr funcionam como sistema-fonte para indicadores do programa Building Forever, fortalecendo a assegurabilidade da informação ESG e a conformidade com exigências regulatórias europeias .

4.7 Serviços financeiros: Banco Santander

4.7.1 Contexto e Desafio Empresarial

Os pagamentos transfronteiriços no retalho têm sido, historicamente, penalizados por janelas de liquidação extensas, estruturas de custo pouco competitivas e incerteza cambial no ato da instrução. Em paralelo, a emissão e a gestão do ciclo de vida de títulos de dívida envolvem uma teia de intervenientes e reconciliações sucessivas, o que amplifica prazos e encarece a operação. É neste horizonte de fricções que, em 2018, o Banco Santander introduz um serviço de pagamentos internacionais assente numa rede de mensagens com tecnologia distribuída, permitindo liquidações sensivelmente mais rápidas e a pré-determinação da taxa de câmbio no momento do envio. No ano seguinte, a instituição concretiza a emissão de uma obrigação de vinte milhões de dólares integralmente registada em rede pública distribuída, abrangendo a gestão de cupões, o fecho de liquidação e o resgate antecipado. Estes movimentos não são meros exercícios tecnológicos, sinalizam a ambição explícita de reduzir atritos estruturais tanto nos

pagamentos como nos mercados de capitais (Santander, 2018 e 2019; Federal Reserve, 2022).

4.7.2 A Solução Baseada em *Blockchain*

No domínio dos pagamentos, a solução estrutura-se como uma rede de mensagens de tecnologia distribuída que, entre participantes autorizados, orquestra a instrução, a confirmação e a liquidação. Daqui decorre a possibilidade de cotar e fixar a taxa de câmbio à partida, eliminando um tradicional foco de incerteza. Quanto à emissão obrigacionista de 2019, esta foi concebida em registo distribuído público, com *Smart Contracts* a disciplinar a emissão, o serviço de cupões, a transferência de titularidade e o resgate antecipado. O resultado é um trilho técnico contínuo e verificável, que consolida a auditabilidade de todas as etapas do ciclo de vida do instrumento (Santander, 2018 e 2019).

4.7.3 Impactos Operacionais e Resultados

Da experiência acumulada emergem três efeitos centrais, a compressão dos prazos de liquidação e a fixação cambial na origem atenuam custos e incertezas nos pagamentos transfronteiriços, a execução integral em registo distribuído evidencia a viabilidade técnica de emitir e gerir títulos com menor dependência de reconciliações manuais, o que, por sua vez, possibilita ganhos de escala operacionais e a automação de eventos (cupões, liquidação, resgate) simplifica o pós-negociação e reforça a rastreabilidade exigida por auditores e reguladores. Tomados em conjunto, estes resultados traduzem-se em eficiência acrescida e maior transparência informacional (Santander, 2018 e 2019; Federal Reserve, 2022).

4.7.4 Implicações para a Contabilidade e Auditoria

Em IFRS 9, a tecnologia subjacente não reconfigura, por si, a classificação e a mensuração de ativos e passivos financeiros, o ponto fulcral reside antes na melhoria da qualidade e tempestividade dos dados sobre fluxos contratuais e liquidações, com reflexos em divulgações de risco exigidas por IFRS 7 (liquidez, mercado e crédito). Em IFRS 13, uma maior transparência e auditabilidade dos dados de mercado em infraestruturas digitais pode mitigar a subjetividade de mensurações, sobretudo quando existam inputs observáveis para preços e timings de liquidação. No âmbito de IFRS 15, as comissões por serviços de pagamento beneficiam de marcos operacionais objetivamente verificáveis

(receção, validação, liquidação), clarificando o momento de satisfação da obrigação de desempenho e, conseqüentemente, o reconhecimento de réditos. Por fim, a rastreabilidade de ponta a ponta eleva a robustez da evidência para as asserções de existência, integralidade, corte e direitos e obrigações, com impacto direto na suficiência e adequação da prova de auditoria.

4.8 Indústria farmacêutica: Pfizer e o Consórcio MediLedger

4.8.1 Contexto e Desafio Empresarial

Nos Estados Unidos, a cadeia farmacêutica aproxima-se do termo da transição para sistemas eletrônicos interoperáveis de rastreabilidade ao nível da unidade, em conformidade com a Drug Supply Chain Security Act. A Food and Drug Administration tem vindo a publicar orientações e políticas de estabilização que clarificam requisitos técnicos e marcos temporais, preservando a exigência de um registo eletrónico completo, verificável e contínuo ao longo de toda a cadeia de distribuição (FDA, 2023, 2024). Nessa mesma linha, o piloto MediLedger, conduzido com supervisão regulatória, demonstrou a exequibilidade técnica de uma rede empresarial assente em tecnologia de registo distribuído, integrando o padrão GS1 EPCIS para a partilha de eventos logísticos e serviços de verificação de devoluções vendáveis. O consórcio reuniu grandes fabricantes e distribuidores, entre os quais a Pfizer, e evidenciou que a verificação segura de identificadores únicos pode operar em escala setorial sem revelar informação competitivamente sensível (Reuters, 2020; GS1, 2023).

4.8.2 A Solução Baseada em *Blockchain*

A arquitetura de referência do serviço de encaminhamento das verificações de devoluções vendáveis, concebida pela Healthcare Distribution Alliance, não apenas padronizou os fluxos entre distribuidores e fabricantes, como também consolidou práticas efetivamente interoperáveis. Esse enquadramento evoluiu, entretanto, para uma plataforma sob gestão da National Association of Boards of Pharmacy, assegurando a continuidade operacional e reforçando a confiança institucional necessária ao cumprimento regulatório (HDA, 2019). Do ponto de vista técnico, a integração do EPCIS com serviços de verificação, apoiada por um modelo de governação partilhada, institui um trilho de auditoria robusto, com registos imutáveis e carimbos temporais ao nível da unidade, requisito indispensável a uma rastreabilidade fidedigna em contextos de risco elevado.

4.8.3 Impactos Operacionais e Resultados

Desta implementação resultam efeitos tangíveis, a interoperabilidade acelera a verificação de devoluções vendáveis, a partilha seletiva de dados entre intervenientes qualificados atenua fricções operacionais, e a existência de uma plataforma com âncora institucional eleva a previsibilidade dos processos de conformidade e de inspeção. O ponto fulcral reside em que a verificação segura de identificadores únicos, suportada por EPCIS e por serviços de encaminhamento confiáveis, sustenta-se em escala setorial sem expor informação sensível, o que, por sua vez, possibilita ganhos de eficiência, redução de erros e maior prontidão em recalls e investigações (HDA, 2019; GS1, 2023).

4.8.4 Implicações para a Contabilidade e Auditoria

À luz da IAS 2, a rastreabilidade por unidade e a evidência granular sobre condições, custódia e movimentos mitigam a incerteza na mensuração ao menor entre o custo e o valor realizável líquido, permitindo imparidades seletivas por expiração ou não conformidade em detrimento de ajustes indiscriminados. Em IFRS 15, o alinhamento contratual ancorado em dados imutáveis reduz erros em descontos, rebates e chargebacks, aprimorando a estimativa da contrapartida variável e a tempestividade do reconhecimento de réditos. No âmbito da IFRS 9, a diminuição de disputas e de prazos de liquidação traduz-se em menores perdas de crédito esperadas nos recebíveis comerciais, dada a menor probabilidade de desfechos adversos e o reforço das matrizes de perda. Já em IAS 37, a probabilidade e a mensurabilidade de provisões por recalls e incumprimentos regulatórios tendem a abater, uma vez que a prova digital delimita lotes, documenta a extensão do problema e encurta o tempo de investigação (FDA, 2023, 2024; GS1, 2023). Para auditoria e controlo interno, um registo distribuído apoiado em EPCIS fornece evidência apropriada e suficiente para asserções de existência, integridade, direitos e obrigações e corte, desde que os controlos gerais de tecnologia de informação e a governação do consórcio sejam avaliados e testados, a rastreabilidade *end-to-end* e a verificabilidade independente elevam a qualidade da evidência ao patamar exigido pelas normas internacionais de auditoria, com impacto favorável na extensão dos testes substantivos e na eficácia de procedimentos orientados por risco (HDA, 2019; GS1, 2023).

4.9 Síntese transversal de impactos contabilísticos e financeiros

4.9.1 Mensuração de inventários e imparidades

Nos setores agroalimentar, logístico e farmacêutico, a maior granularidade sobre estado, elegibilidade e qualidade dos bens permite uma mensuração mais estrita ao abrigo da IAS 2. Registos de eventos e de conformidade reduzem a margem de subjetividade nos *written-downs* e oferecem base verificável para reversões quando se observam melhorias nas condições de venda. Em cadeias sujeitas a restrições de origem, como a dos diamantes, a segregação digital por país de proveniência evita desvalorizações indevidas de lotes elegíveis e concentra as imparidades onde o risco efetivamente se materializa.

4.9.2 Reconhecimento de rédito e contrapartida variável

Nos serviços de transporte, logística e pagamentos, a visibilidade sobre marcos contratuais e desempenho operativo reforça a mensuração do progresso e o cálculo de penalidades, bónus e demais ajustamentos de preço, em estrita consonância com o IFRS 15. No domínio farmacêutico, a reconciliação multilateral de descontos e devoluções permite apurar com maior precisão o preço da transação, mitigando a necessidade de constituir passivos de reembolso que, na ausência dessa evidência, dependeriam de estimativas mais conservadoras.

4.9.3 Risco de crédito e ciclo de caixa

A aceleração documental, aliada a menor litigiosidade contratual, encurta o ciclo de conversão de caixa em várias cadeias de valor. Em IFRS 9, tal evidência conduz, com fundamento empírico, à reestimação em baixa das matrizes de perda para o reconhecimento de perdas de crédito esperadas. Em IAS 7, cumpre refletir esses efeitos na demonstração de fluxos de caixa, captando a melhoria de tempestividade e a consequente robustez de liquidez.

4.9.4 Provisões e contingências

A rastreabilidade de ponta a ponta e a prova digital de origem reduzem simultaneamente a probabilidade e o impacto de contingências regulatórias e reputacionais. Daqui decorre, em IAS 37, a possibilidade de provisões menos onerosas e de divulgações qualitativamente mais informadas, sustentadas por evidência auditável.

4.9.5 Auditoria, controlo interno e assegurabilidade de sustentabilidade

Registos imutáveis, com carimbo temporal e trilhos de custódia, reforçam a suficiência e a adequação da evidência de auditoria para asserções de existência, direitos e obrigações, integridade e corte, nos termos da ISA 500. Nos termos da ISA 315, impõe-se

compreender o uso de tecnologias e avaliar controlos gerais e de aplicação de TI, redes permissionadas, com governação clara e canais privados, favorecem a testabilidade e a eficácia do controlo interno. No reporte de sustentabilidade, a rastreabilidade digital eleva a assegurabilidade de métricas de origem e de conformidade social e ambiental, em consonância com as exigências europeias de reporte corporativo de sustentabilidade.

4.10 Desafios de implementação e governação

A experiência da TradeLens evidencia que o valor de plataformas de rede depende tanto da arquitetura tecnológica como da governação do ecossistema, da neutralidade percebida e da massa crítica de participantes. Onde a concorrência é direta e os benefícios se distribuem de forma assimétrica, a adesão tende a ficar aquém do necessário para gerar efeitos de rede. Em sentido inverso, iniciativas ancoradas em requisitos regulatórios explícitos (por exemplo, rastreabilidade farmacêutica) ou em pressões reputacionais (proveniência de diamantes) alcançam tração mais célere.

Um vetor adicional reside na ligação físico-digital, as soluções de marcação segura (por exemplo, microinscrição a laser em diamantes) e sensores de cadeia fria em alimentos e fármacos mitigam o risco de desacoplamento entre o ativo físico e o registo digital, o que, por sua vez, robustece a confiança de auditores e reguladores.

4.11 Agenda de gestão e indicadores recomendados

Para converter benefícios tecnológicos em impacto contabilístico e financeiro, recomenda-se um painel de indicadores que compare o desempenho antes e após a implementação.

Devem contemplar-se métricas de rastreabilidade (percentagem de volumes com registo digital completo e tempo médio de rastreio por item). A medição do intervalo entre evento de desempenho, emissão da fatura e recebimento permite quantificar ganhos de tempestividade com reflexo em IAS 7.

A evolução das imparidades e das reduções de valor de inventário, a par da taxa de devoluções por não conformidade, sinaliza melhorias de controlo e de qualidade. A diminuição de passivos de reembolso e de provisões comerciais ao abrigo do IFRS 15, conjuntamente com a redução das perdas de crédito esperadas em contas a receber segundo o IFRS 9, evidencia maior fiabilidade da informação financeira.

Por último, a redução do tempo e do custo de investigação de incidentes, articulada com a integração destas métricas em sistemas de desempenho e de remuneração variável, reforça a captura efetiva de valor e a governação financeira.

4.12 Conclusões Empíricas

A evidência analisada demonstra que a *Blockchain*, quando operada em redes permissionadas com governação clara e integrada com padrões de dados e tecnologias de identificação física, pode transformar mecanismos de controlo, reconhecimento e mensuração em cadeias de valor críticas. Em alimentos frescos, logística marítima, eletrónica de consumo, diamantes, serviços financeiros e farmacêutica, observam-se ganhos de tempestividade e de qualidade de dados com implicações diretas para IAS 2, IFRS 15, IFRS 9, IAS 37, IFRS 13 e IAS 7, bem como para a auditoria nos termos das ISA 315 e 500, conforme resume a Tabela 5.

Caso de Estudo	Setor	Principal Benefício da <i>Blockchain</i>	Normas Mais Impactadas
IBM/Walmart/Carrefour	Agroalimentar	Rastreabilidade e Segurança	IAS 2, IAS 37
Maersk (TradeLens)	Logística	Eficiência Documental	IFRS 15, IAS 7
De Beers (Tracr)	Mineral	Prova de Origem e Custódia	IAS 2, IAS 37
Santander	Financeiro	Eficiência em Pagamentos	IFRS 9, IFRS 7
Pfizer (MediLedger)	Farmacêutico	Rastreabilidade e Anti-Contrafação	IAS 2, IFRS 15, IAS 37

Tabela 5 - Comparação dos casos analisados

Fonte: Elaboração Própria

Não obstante o potencial, a adoção depende de incentivos alinhados, de interoperabilidade técnica e jurídica e de um desenho de governação que assegure neutralidade e partilha equitativa de benefícios. Em contextos de maior pressão regulatória ou reputacional, os casos de sucesso avançam com maior rapidez. Para a profissão de Contabilidade e Finanças, o ponto fulcral reside em participar ativamente no desenho das regras de dados, dos controlos e das métricas, condição necessária para converter potencial tecnológico em valor contabilístico e financeiro verificável.

4.13 Discussão e Interpretação dos Resultados

4.13.1 Confronto do quadro conceptual com a literatura

A análise realizada permitiu demonstrar que a tecnologia *Blockchain* constitui um vetor de transformação dos sistemas de informação contabilística e financeira, pela sua capacidade de garantir imutabilidade, rastreabilidade, verificabilidade e automatização de registos (Pilkington, 2016; Wang *et al.*, 2019). O quadro conceptual desenvolvido nesta dissertação estabelece uma ligação direta entre os mecanismos técnicos da *Blockchain*, como o consenso distribuído, os *Smart Contracts* e a partilha permissionada de dados, e os processos contabilísticos de reconhecimento, mensuração e divulgação em conformidade com as normas internacionais de relato financeiro (IAS/IFRS) e de auditoria (ISA).

Estes resultados alinham-se com as conclusões de Morkunas, Paschen e Boon (2019), que defendem que a *Blockchain*, ao descentralizar a validação e ao eliminar intermediários, reconfigura os modelos de negócio e as práticas de relato financeiro. Do ponto de vista empírico, os casos analisados, como o IBM Food Trust, o Tracr da De Beers ou o MediLedger na indústria farmacêutica, confirmam que a integração de registos distribuídos em redes empresariais melhora a qualidade da informação e reduz a incerteza operacional (Centobelli, Cerchione, Del Vecchio, Oropallo & Secundo, 2022; Andoni *et al.*, 2019).

Contudo, o contributo desta dissertação vai além da literatura existente, ao propor um mapeamento sistemático entre mecanismos tecnológicos e normas internacionais de relato e auditoria, nomeadamente IFRS 15, IFRS 9, IAS 2 e IAS 37, bem como ISA 315 e 500. Este enquadramento normativo permite demonstrar que a *Blockchain* não é apenas uma inovação tecnológica, mas também uma infraestrutura capaz de suportar a fiabilidade e a tempestividade da informação contabilística, elementos essenciais para a tomada de decisão e para a auditoria.

4.13.2 Implicações para preparadores, auditores e investidores

A adoção de soluções baseadas em *Blockchain* implica uma reconfiguração profunda das rotinas contabilísticas. Para os preparadores de demonstrações financeiras, a automatização de eventos através de *Smart Contracts* reduz reconciliações e aumenta a coerência entre fluxos físicos e financeiros (Wang *et al.*, 2019). As métricas operacionais, como o tempo de rastreio por item, os dias de contas a receber e a variação nas imparidades, tornam-se mensuráveis em tempo real, o que contribui para melhor gestão do capital circulante e das imparidades previstas ao abrigo da IFRS 9.

No domínio da auditoria, a verificação distribuída e o carimbo temporal dos registos permitem uma evidência contínua e auditável (ISA 500), diminuindo a dependência de testes substantivos ex post (Xu, Chen & Kou, 2019). A *Blockchain* transforma, assim, o papel do auditor de verificador ex post para supervisor da integridade algorítmica, exigindo novas competências digitais e éticas (McGhin, Choo, Liu & He, 2019).

Para os investidores e reguladores, a rastreabilidade e a transparência melhoram a confiança no relato, potenciando a redução do custo de capital (Stratopoulos, Wang & Ye, 2020). Paralelamente, as entidades reguladoras enfrentam o desafio de integrar estas tecnologias na supervisão prudencial e na emissão de normas, de modo a assegurar que a fiabilidade técnica se traduz em fiabilidade contabilística e jurídica.

4.13.3 Enquadramento tecnológico e setorial

A análise setorial demonstra que os efeitos contabilístico-financeiros da *Blockchain* variam consoante a estrutura da rede e o nível de maturidade tecnológica.

No setor agroalimentar e farmacêutico, as plataformas IBM Food Trust e MediLedger evidenciam ganhos em rastreabilidade, redução de perdas de inventário e maior fiabilidade de ativos biológicos, com reflexos diretos nas normas IAS 2 e IAS 37 (Andoni *et al.*, 2019).

No setor energético, os projetos de partilha descentralizada de energia permitem mensuração mais precisa de ativos e passivos contratuais, em conformidade com a IFRS 15, e promovem a transparência nas emissões e nos créditos de carbono (Andoni *et al.*, 2019).

Nos serviços financeiros, a aplicação de redes permissionadas, como Hyperledger e Corda, reforça a integridade de dados de transações e melhora a mensuração de instrumentos financeiros ao abrigo da IFRS 9, ao mesmo tempo que introduz desafios de privacidade e conformidade (Chang *et al.*, 2020).

No setor industrial e logístico, plataformas como o TradeLens (Maersk e IBM) comprovam a capacidade da *Blockchain* em reduzir tempos de liquidação e riscos de duplicação de documentos, impactando o reconhecimento de rédito previsto na IFRS 15 e os eventos subsequentes previstos na IAS 10.

Estes exemplos confirmam que os mecanismos tecnológicos descritos por Wang *et al.* (2019) e Pilkington (2016) possuem aplicabilidade transversal, embora o valor

económico seja condicionado por fatores de governação interorganizacional, interoperabilidade e aceitação regulatória.

4.13.4 Riscos e desafios identificados

Apesar dos benefícios, subsistem riscos técnicos, jurídicos e institucionais. A descentralização introduz incertezas sobre responsabilidade e controlo interno (COSO, 2013). A privacidade dos dados e o cumprimento do Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados permanecem pontos críticos em redes de partilha empresarial (Yaqoob, Salah, Jayaraman & Al-Hammadi, 2021). A interoperabilidade entre plataformas, como *Ethereum*, *Hyperledger* e *Corda*, e a ausência de padrões universais dificultam a integração contabilística (Lu, 2018).

Acrescem riscos de dependência tecnológica e de governação de consórcios, que podem criar assimetrias de poder e comprometer a neutralidade da informação (Centobelli *et al.*, 2022). Para mitigar tais riscos, recomenda-se a adoção de modelos híbridos de *Blockchain* com mecanismos de permissão seletiva, auditorias periódicas a *Smart Contracts* e supervisão independente da integridade do código.

CAPÍTULO V – CONCLUSÃO

5. Conclusão

5.1 Principais contributos teóricos e práticos

Esta dissertação demonstrou que a tecnologia *Blockchain* constitui uma infraestrutura de confiança verificável, com capacidade para melhorar a qualidade, a tempestividade e a verificabilidade da informação financeira, em consonância com os princípios das IFRS e das ISA. O modelo proposto identifica e relaciona mecanismos técnicos, como o consenso distribuído, a imutabilidade, os *Smart Contracts* e a rastreabilidade, com tópicos contabilísticos concretos, produzindo um quadro conceptual que sustenta futuras aplicações normativas e empíricas.

Entre os contributos teóricos destaca-se a integração entre tecnologia e normalização contabilística, ultrapassando a fragmentação da literatura que tratava a *Blockchain* como mero instrumento técnico. No plano prático, o estudo oferece indicadores de impacto económico-financeiro, como tempo de rastreio, redução de reconciliações, perdas de crédito esperadas, imparidades e provisões, que permitem mensurar benefícios tangíveis da adoção.

A dissertação reforça também o papel da auditoria digital como componente essencial de governação em ecossistemas descentralizados, reposicionando o auditor como garante de integridade algorítmica e de conformidade ética.

5.2 Implicações para a normalização e para a profissão

Os resultados indicam que os organismos normativos, como o IASB, o IAASB e a IFAC, deverão considerar a *Blockchain* na revisão futura das IFRS e das ISA, especialmente nas áreas de reconhecimento do rédito, mensuração ao justo valor e obtenção de evidência digital. A implementação exige uma abordagem colaborativa entre auditores, reguladores e tecnólogos, para garantir que os registos distribuídos respeitam princípios de fidedignidade e verificabilidade.

Para os profissionais de contabilidade e auditoria emergem novas competências, incluindo a leitura de *Smart Contracts*, a análise de dados criptográficos e a compreensão de riscos tecnológicos. A ética profissional deve ser reforçada, assegurando que a automação não compromete o julgamento humano nem a independência do auditor.

5.3 Limitações do estudo

A principal limitação deste estudo decorre da natureza exploratória e documental da análise realizada. A dependência de estudos de caso, relatórios técnicos e literatura académica, frequentemente baseada em descrições qualitativas, não permite a generalização estatística dos resultados, limitando o alcance inferencial das conclusões.

Adicionalmente, a escassez de dados operacionais e financeiros comparáveis, resultante da reduzida transparência das empresas relativamente às suas iniciativas Blockchain, constitui um constrangimento significativo. A heterogeneidade entre setores, a confidencialidade associada a projetos piloto e a dificuldade de acesso a informação detalhada sobre implementações reais impedem a construção de métricas consistentes que possibilitem avaliar empiricamente o impacto económico e contabilístico da tecnologia.

A natureza dinâmica e ainda incipiente da Blockchain representa igualmente um desafio. A rápida evolução tecnológica e a constante reformulação de plataformas, protocolos e soluções empresariais podem tornar algumas observações temporárias ou desatualizadas, condicionando a validade temporal das conclusões.

5.4 Recomendações para a Prática e Perspetivas Futuras

À luz da análise realizada, é possível avançar um conjunto de recomendações operacionais e, em paralelo, sinalizar linhas de desenvolvimento para a investigação e para a normalização neste domínio.

Em primeiro lugar, impõe-se que os organismos de normalização emitam orientações específicas sobre a aplicação das IFRS e das ISA à evidência digital gerada por *Blockchains* empresariais, clarificando critérios de reconhecimento, mensuração e fiabilidade da informação auditável. Daqui decorre, para as empresas, a necessidade de instituir controlos internos robustos sobre algoritmos e sobre os protocolos de governação digital, garantindo rastreabilidade, segregação de funções e integridade dos dados em ambientes descentralizados. Importa ainda sublinhar que as instituições de ensino superior e as ordens profissionais devem reforçar a formação em tecnologia e ética digital, promovendo competências que articulem contabilidade, auditoria e ciência de dados. Numa outra perspetiva, os reguladores deverão fomentar a interoperabilidade e a certificação de plataformas, de modo a assegurar consistência, comparabilidade e segurança dos dados financeiros e operacionais partilhados.

A convergência entre *Blockchain*, inteligência artificial e Internet of Things tende a ampliar a automação dos registos e a viabilizar práticas de auditoria contínua. O ponto fulcral reside em que este movimento exige um novo paradigma de confiança, fundado em código e verificação criptográfica, mas ancorado em princípios contabilísticos sólidos. Ressalva-se, no entanto, que tal transição reconfigura a natureza da evidência e reposiciona o julgamento profissional, impondo um equilíbrio mais exigente entre automação e responsabilidade ética por parte dos profissionais de contabilidade e auditoria.

No plano prospetivo, delineiam-se várias frentes de investigação com mérito evidente. Dando seguimento a esta linha de pensamento, cumpre promover estudos quantitativos que relacionem métricas de desempenho financeiro com a adoção de tecnologias *Blockchain*, desenvolver modelos de auditoria contínua aplicados a redes permissionadas e aprofundar a análise de custos de implementação e de maturidade digital em pequenas e médias empresas, bem como em entidades do setor público. Importa ainda salientar a exploração da ligação entre *Blockchain* e reporte de sustentabilidade à luz das IFRS S1 e IFRS S2, examinando de que modo a rastreabilidade e a imutabilidade podem reforçar a credibilidade dos dados ambientais, sociais e de governação. Finalmente, a avaliação dos impactos éticos e de ciber-resiliência sobre o controlo interno, considerando as exigências da ISA 315 revista, configura um campo de estudo essencial para mapear novos vetores de risco e salvaguardar a confiança no relato financeiro digitalizado.

5.5 Considerações finais

Em síntese, a *Blockchain* não substitui os fundamentos da contabilidade. Reformula-os numa base de confiança distribuída. O valor da sua adoção depende menos da sofisticação tecnológica e mais da capacidade institucional de traduzir dados imutáveis em informação contabilística auditável, relevante e comparável. Assim, a *Blockchain* representa não apenas uma inovação técnica, mas uma infraestrutura para a evolução da transparência, da responsabilidade e da sustentabilidade na governação financeira global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agbo, C. C., Mahmoud, Q. H., & Eklund, J. M. (2019). Blockchain technology in healthcare: A systematic review. *Healthcare*, 7(2), 56.
<https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>
- Ahluwalia, S., Mahto, R. V., & Guerrero, M. (2020). Blockchain technology and startup financing: A transaction cost perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119854. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119854>
- Al-Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Blockchain in industries: A survey. *IEEE Access*, 7, 36500–36515. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2902501>
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143–174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
- Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., ... & Yellick, J. (2018). Hyperledger Fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains. *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference*, 1–15.
<https://doi.org/10.1145/3190508.3190518>
- Buterin, V. (2014). *A next-generation smart contract and decentralized application platform* [Ethereum White Paper]. Ethereum.
https://ethereum.org/content/whitepaper/whitepaper-pdf/Ethereum_Whitepaper_-_Buterin_2014.pdf (Consultado a 5 de Setembro de 2025)
- Carrefour. (2019). *Carrefour is applying blockchain technology to its eighth product line, Carrefour Quality Line potato purée, to provide consumers with greater transparency* [Comunicado de imprensa].
<https://www.carrefour.com/en/news/carrefour-nestle-blockchain-technology-food-transparency-mousline> (Consultado a 7 de Setembro de 2025)
- Castro, M., & Liskov, B. (1999). Practical Byzantine fault tolerance. *Proceedings of the Third Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, 173-186.
<http://pmg.csail.mit.edu/papers/osdi99.pdf>
- Centobelli, P., Cerchione, R., Del Vecchio, P., Oropallo, E., & Secundo, G. (2022). Blockchain adoption in the agri-food supply chain: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 60(22), 6966-6993.

Centobelli, P., Cerchione, R., Esposito, E., & Oropallo, E. (2022). The revolution of blockchain in the agri-food sector: A systematic literature review. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-24.

Chang, V., Baudier, P., Zhang, H., Xu, Q., Zhang, J., & Arami, M. (2020). How blockchain can impact financial services – The overview, challenges and recommendations from expert interviewees. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120166.

COSO. (2013). *Internal Control – Integrated Framework*. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. <https://www.coso.org/> (Consultado a 5 de Junho de 2025)

De Filippi, P., & Wright, A. (2018). *Blockchain and the law: The rule of code*. Harvard University Press.

Digital Container Shipping Association (DCSA). (2025). *Standards for the Bill of Lading*. <https://dcsa.org/newsroom/final-versions-of-booking-bill-of-lading-standards-released> (Consultado a 12 de Junho de 2025)

Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>

Electronic Trade Documents Act 2023 (c. 38). Legislação do Reino Unido. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2023/38> (Consultado a 1 de Maio de 2025)

European Commission. (2023). *12th package of sanctions against Russia*. https://enlargement.ec.europa.eu/news/eu-adopts-12th-package-sanctions-against-russia-its-continued-illegal-war-against-ukraine-2023-12-19_en (Consultado a 20 de Maio de 2025)

Federal Reserve. (2022). *The U.S. Dollar in the age of digital transformation*. <https://www.federalreserve.gov/publications/files/money-and-payments-20220120.pdf> (Consultado a 12 de Abril de 2025)

Food and Drug Administration (FDA). (2024). *Drug Supply Chain Security Act (DSCSA) guidances*. <https://www.fda.gov/drugs/drug-supply-chain-security-act->

[dscsa/drug-supply-chain-security-act-law-and-policies](#) (Consultado a 12 de Maio de 2025)

Gemological Institute of America (GIA). (2023). *Diamond Origin Report*.
<https://www.gia.edu/> (Consultado a 12 de Abril de 2025)

Healthcare Distribution Alliance (HDA). (2019). *The MediLedger Project: DSCSA pilot project final report*.

High, M. (2020). Supply chain insight: Inside IBM's Food Trust blockchain system. *Supply Chain Digital*. <https://supplychaindigital.com/technology/supply-chain-insight-inside-ibms-food-trust-Blockchain-system>

Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). The truth about blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1), 118-127. <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-Blockchain>

IFRS Foundation. (2023a). *IFRS 9 Financial Instruments*. <https://www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/ifrs-9-financial-instruments/> (Consultado a 6 de Abril de 2025)

IFRS Foundation. (2023b). *IFRS 13 Fair Value Measurement*.
<https://www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/ifrs-13-fair-value-measurement/>
(Consultado a 6 de Abril de 2025)

IFRS Foundation. (2023c). *IAS 7 Statement of Cash Flows*. <https://www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/ias-7-statement-of-cash-flows/> (Consultado a 6 de Abril de 2025)

IFRS Foundation. (2023d). *IFRS 7 Financial Instruments: Disclosures*.
<https://www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/ifrs-7-financial-instruments-disclosures/> (Consultado a 6 de Abril de 2025)

International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB). (2019). *International Standards on Auditing*. <https://www.iaasb.org/publications/2021-handbook-international-quality-control-auditing-review-other-assurance-and-related-services>
(Consultado a 12 de Abril de 2025)

International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB). (2021). *ISA 315 (Revised 2019), Identifying and assessing the risks of material misstatement*.

<https://www.irba.co.za/upload/ISA-315-Full-Standard-and-Conforming-Amendments-2019.pdf> (Consultado a 15 de Abril de 2025)

Linux Foundation. (2023). *Hyperledger Fabric*. <https://www.hyperledger.org/use/fabric> (Consultado a 6 de Junho de 2025)

Lu, Y. (2018). The challenges and countermeasures of blockchain in finance and accounting. *Journal of Accounting and Finance*, 19(3), 40-44.

Maersk. (2018). *Maersk and IBM to form joint venture to drive more efficient and secure global trade* [Comunicado de imprensa]. <https://www.prnewswire.com/news-releases/maersk-and-ibm-to-form-joint-venture-applying-Blockchain-to-improve-global-trade-and-digitize-supply-chains-300582885.html> (Consultado a 9 de Junho de 2025)

Maersk. (2022). *A.P. Moller - Maersk and IBM to discontinue TradeLens, a blockchain-enabled global trade platform* [Comunicado de imprensa]. <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens> (Consultado a 9 de Junho de 2025)

McGhin, T., Choo, K. K. R., Liu, C. Z., & He, D. (2019). Blockchain in healthcare applications: Research challenges and opportunities. *Journal of Network and Computer Applications*, 133, 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.02.027>

Mining Technology. (2018, 11 de Maio). De Beers uses blockchain platform to track diamonds along value chain. *Mining Technology*. <https://www.mining-technology.com/news/de-beers-uses-blockchain-platform-track-diamonds-along-value-chain/> (Consultado a 9 de Agosto de 2025)

Morkunas, V. J., Paschen, J., & Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, 62(3), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.010>

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system* [White paper]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (Consultado a 1 de Fevereiro de 2025)

Pilkington, M. (2016). Blockchain technology: Principles and applications. In F. X. Olleros & M. Zhegu (Eds.), *Research handbook on digital transformations* (pp. 225–253). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781784717766.00019>

Poon, J., & Dryja, T. (2016). *The Bitcoin Lightning Network: Scalable off-chain instant payments* [White paper]. <https://lightning.network/lightning-network-paper.pdf> (Consultado a 12 de Agosto de 2025)

Raghavendra, N., & Barde, S. (2021). Blockchain in diamond supply chain: Opportunities and challenges. *Materials Today: Proceedings*, 47(Part 3), 6304–6310.

Reuters. (2020, 21 de Fevereiro). Pharmaceutical companies develop system to better track counterfeit drugs. <https://www.reuters.com/article/business/pharmaceutical-companies-develop-system-to-better-track-counterfeit-drugs-idUSKBN20F29W/> (Consultado a 12 de Agosto de 2025)

Reuters. (2022, 29 de Novembro). Maersk, IBM discontinue shipping blockchain platform. <https://www.reuters.com/technology/maersk-ibm-discontinue-shipping-Blockchain-platform-2022-11-29/> (Consultado a 1 de Julho de 2025)

Reuters. (2023, 17 de Novembro). EU to ban Russian diamonds from start of 2024. <https://www.reuters.com/markets/commodities/eu-ban-russian-diamonds-start-2024-eu-sanctions-proposal-2023-11-17/> (Consultado a 1 de Julho de 2025)

Reuters. (2023, 6 de Dezembro). G7 to phase in direct, indirect bans of Russian diamonds. <https://www.reuters.com/world/europe/g7-phase-direct-indirect-bans-russian-diamonds-jan-1-2023-12-06/> (Consultado a 1 de Julho de 2025)

Samsung SDS. (2023). *Cello Trust solution*. <https://www.samsungsds.com/en/Blockchain-logistics-platform/cello-trust.html> (Consultado a 1 de Julho de 2025)

Samsung SDS. (2024). *Cello Trust: Blockchain-based supply chain solution*. <https://www.samsungsds.com/en/Blockchain-logistics-platform/cello-trust.html> (Consultado a 12 de Maio de 2025)

Santander. (2018, 13 de Abril). *Santander launches the world's first blockchain-based international money transfer service across four countries* [Comunicado de imprensa]. <https://www.santanderaccionistaseinversores.com/1T18/eng/noticia3.php> (Consultado a 1 de Setembro de 2025)

Santander. (2019, 13 de Setembro). *Santander launches the first end-to-end blockchain bond* [Comunicado de imprensa]. <https://www.santander.com/en/press-room/press->

[releases/santander-launches-the-first-end-to-end-Blockchain-bond](#) (Consultado a 11 de Julho de 2025)

Sristy, T. (2021). Blockchain for food traceability: A case study of Walmart. *International Journal of Computer Applications*, 174(17), 23-27.

Stratopoulos, T. C., Wang, V. X., & Ye, F. (2020). Blockchain technology adoption. *Communications of the ACM*, 63(8), 15-17.

Supply Chain Brain. (2018). *Why Samsung might turn to blockchain for its global supply chain*. <https://www.supplychainbrain.com/articles/28104-why-samsung-might-turn-to-blockchain-for-its-global-supply-chain> (Consultado a 1 de Setembro de 2025)

Tracr. (2023). *Tracr opens its diamond blockchain platform to the wider industry* [Comunicado de imprensa]. PR Newswire. <https://speechling.com/how-to/como-se-dice-disponibile-en-portugues-2843>

Tracr. (2023). *Site oficial da plataforma Tracr*. <https://www.tracr.com/> (Consultado a 1 de Setembro de 2025)

Wang, Y., Singgih, M., Wang, J., & Rit, M. (2019). Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains? *International Journal of Production Economics*, 211, 221-236.

World Health Organization. (2015). *WHO estimates of the global burden of foodborne diseases*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565165> (Consultado a 1 de Setembro de 2025)

Xu, M., Chen, X., & Kou, G. (2019). A systematic review of blockchain. *Financial Innovation*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0147-z>

Xu, X., Wang, C., & Zhang, X. (2020). A systematic literature review of blockchain application in finance. *Journal of Industrial Information Integration*, 17, 100119.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *Blockchain technology overview* (NIST Internal Report 8202). National Institute of Standards and Technology.

Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R., & Al-Hammadi, Y. (2021). Blockchain for digital twins: A systematic literature review. *IEEE Access*, 9, 29785-29807.

Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). SAGE Publications.

Zhang, Y., Chen, J., & Xu, W. (2020). Blockchain technology and its application in accounting. *Accounting and Finance Research*, 9(1), 21-30.

Zhang, Y., Xue, J., Liu, S., & Xu, C. (2022). A review of blockchain technology and its applications in the food supply chain. *Journal of Food Quality*, 2022.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352-375.