



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Viabilidade para a adoção da tecnologia blockchain na gestão de contratos e de dados na construção civil integrado ao BIM

Willian Murilo Andreatta

Trabalho de Projeto

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Gilberto Antunes Ferreira Rouxinol
Professor Doutor Cezar Augusto Romano

Fevereiro de 2024



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Viabilidade para a adoção da tecnologia blockchain na gestão de contratos e de dados na construção civil integrado ao BIM

Willian Murilo Andreatta

Dissertação

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Gilberto Antunes Ferreira Rouxinol
Professor Doutor Cezar Augusto Romano

Fevereiro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida, por suas Bênçãos e pela oportunidade de poder estudar, pesquisar, aprender e contribuir para o conhecimento de outras pessoas.

Agradeço a minha mãe Rosane, que é um exemplo de pessoa batalhadora, que sempre me apoiou e incentivou nos dias mais difíceis, amo você mãe, obrigado pelo esforço de toda a vida por nossa família. Meu obrigado também a Jeane minha irmã predileta (e única), por todo o apoio incentivo, por sua amizade e por acreditar em mim sempre, te amo minha irmã. Não posso deixar de falar da minha sobrinha linda Sophia que é a alegria e energia da nossa família sempre, tio ama você também.

Gratidão também á Universidade Tecnológica Federal do Paraná e á Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, assim como, ao Departamento da Engenharia Civil, pela oportunidade de estudar e aprimorar meus conhecimentos na área de Construção Civil, bem como a dedicação de cada um dos Professores.

Um agradecimento especial ao meu orientador Professor Doutor Cezar Augusto Romano, pela dedicação, pela sabedoria, pela paciência e pelo aconselhamento nos momentos em que eu não conseguia ver quais seriam os próximos passos a seguir, obrigado Professor e ao Professor Doutor Gilberto Antunes Ferreira Rouxinol pela orientação e pela atenção.

Agradeço aos meus colegas pelas brincadeiras, pelas ajudas, por ouvir e por aguentar as minhas reclamações durante todo este trajeto que percorremos juntos.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização da dissertação.

“Entrega teu caminho ao Senhor,
confia nele e Ele tudo fará.”

(SALMOS 37:5)

RESUMO

Considerando a escassa aplicação de novas tecnologias na área da Engenharia Civil, que possam ajudar a melhorar os processos de registros de dados, auditabilidade de etapas da construção e aperfeiçoar a qualidade dos serviços entregues, nomeadamente, desenvolvimento de projetos, gestão do canteiro de obras, cronogramas etc..., a tecnologia *blockchain* é trazida à luz da comunidade científica para evidenciar as possibilidades da sua utilização. Trata-se de uma ferramenta para auxiliar os processos de gestão na construção civil. Verifica-se uma crescente procura por opções que possam trazer mais transparência e confiabilidade entre as partes interessadas nos processos de gestão da construção. O trabalho tem assim como principal objetivo analisar de que forma a tecnologia *blockchain* pode contribuir na gestão de contratos integrados com *Building Information Modelling* (BIM) e responder à pergunta de investigação seguinte:

Como pode a tecnologia *blockchain* contribuir no contexto de segurança dos dados na indústria da construção civil?

Para responder à questão realiza-se uma análise comparativa à revisão bibliográfica e o estudo de caso de uma empresa na área da construção civil que trabalha com a tecnologia *blockchain*, possibilitando o confronto de informações através da análise de dados primários, obtidos pela aplicação de questionário no estudo de caso e dados secundários, através da investigação da literatura. Desse modo os resultados são analisados, comparados e comentados através da triangulação dos dados, oferecendo um panorama das fontes de evidencias permitindo concluir que as características da tecnologia *blockchain* podem ser uteis e viáveis no setor da construção civil.

Palavras-chave: Blockchain; Tecnologia BIM; Gestão de projetos

ABSTRACT

Considering the scarce application of new technologies in the area of Civil Engineering, which can help improve data recording processes, auditability of construction stages and improve the quality of services delivered, namely project development, construction site management, timelines, etc., blockchain technology is brought to the attention of the scientific community to highlight the possibilities of its use. It is a tool to assist management processes in construction. There is a growing search for options that can bring more transparency and reliability among interested parties in construction management processes. The main objective of this work is to analyze the benefits of using blockchain technology in the management of contracts integrated with Building Information Modeling (BIM) and answer the following research question:

How can blockchain technology contribute in the context of the construction industry?

To answer the question, a comparative analysis is carried out with the bibliographical review and the case study of a company in the construction sector that works with blockchain technology, enabling the comparison of information through the analysis of primary data, obtained by applying a questionnaire. in the case study and secondary data, through literature investigation. In this way, the results are analyzed, compared and commented through data triangulation, offering an overview of the sources of evidence, allowing us to conclude that the characteristics of blockchain technology can be useful and viable in the construction sector.

Keywords: Blockchain; BIM Technology; Project management

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do tema	1
1.2 Objetivos do trabalho.....	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Motivação	3
1.4 Estrutura da dissertação	4
2. O que é blockchain e quais são as suas aplicações.....	6
2.1 Introdução	6
2.2 O que é <i>blockchain</i>	6
2.3 Tipos de rede.....	9
2.4 Possibilidade de aplicações.....	10
3. Estado da arte.....	14
3.1 Introdução	14
3.2 Revisão sistemática da literatura.....	14
3.2.1 Definição das palavras-chave	15
3.2.2 Revisão sistemática	16
3.3 Fundamentação teórica	22
3.3.1 Os avanços tecnológicos na Engenharia Civil.....	22
3.3.2 Relações contratuais na Engenharia Civil	27
3.3.3 <i>Building Information Model</i> (BIM).....	30
4. Metodologia.....	36

4.1	Introdução.....	36
4.2	Caracterização geral do local de estudo	36
4.3	Classificação da investigação de acordo com os métodos empregados	36
4.4	Avaliação objetiva.....	37
5.	Estudo de caso.....	39
5.1	Introdução.....	39
5.2	Caracterização da empresa	40
5.3	Recolha de dados primário	40
5.4	Análise dos resultados	42
6.	Conclusões	54
6.1	Introdução.....	54
6.2	Conclusões gerais	54
6.3	Sugestões de trabalhos futuros	55
Anexo A – LISTA DE ARTIGOS IDENTIFICADOS NAS BD COM A REVISÃO SISTEMÁTICA		60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do registo de uma transação na <i>blockchain</i> Magalhães (2019).....	7
Figura 2 - Tipos de redes Zheng et al. (2019)	10
Figura 3 - Variação no preço do <i>Bitcoin</i> (2015- 2022) <i>Coinmarketcap</i> (2022)	12
Figura 4 - Fluxograma	19
Figura 5 - Percentagem em relação ao ano de publicação.....	20
Figura 6 – Países e suas respectivas quantidades de publicações	21
Figura 7 - Comparação PIB total e PIB da Construção Civil no Brasil CBIC (2023)	24
Figura 8 - <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Santos (2021).....	26
Figura 9 - Processo tradicional de trocas de informações e um modelo compartilhado	31
Figura 10 - Diferentes níveis de maturidade do BIM Venâncio (2015).....	32
Figura 11 - Níveis de integração entre BIM e <i>blockchain</i> Dounas, Lombardi e Jabi (2021)...	34
Figura 12 – Quadro resumo	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Definição das palavras-chave em função da BD.....	15
Tabela 2 - Protocolo de Investigação	16
Tabela 3 - Resumo dos artigos identificados	18
Tabela 4 - Resumo da seleção dos resultados	19
Tabela 5- Questionário da entrevista semiestruturada utilizado para o levantamento de dados primários junto à empresa	41

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BD	Base de dados
CAFe	Comunidade Acadêmica Federada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CFO	<i>Chief Financial Officer</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>IoT</i>	Internet das coisas (Tradução do Inglês)
P2P	<i>Peer-to-peer</i>
PIB	Produto interno bruto

1. Introdução

1.1 Enquadramento do tema

O mercado está em constante mudança e as novas tecnologias surgem como um meio de proporcionar avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento, conforme escrito por Toffler [1], “... a mudança é o processo pelo qual o futuro invade as nossas vidas, e é importante examiná-las de perto, não apenas a partir das grandes perspectivas históricas”.

Uma grande mudança, que é considerada por muitos como um marco, foi o surgimento do computador e posteriormente da internet. Com o tempo, ocorreram diversas atualizações e aprimoramentos, principalmente nas últimas décadas. Registou-se um aumento exponencial na sua utilização e o uso de *softwares* de trabalho em rede tornou possível a interatividade em tempo real entre utilizadores que não precisam mais de estar no mesmo ambiente. Nos anos de 2020 e 2021 isso foi evidenciado, devido à pandemia causada pelo vírus COVID-19, que obrigou muitas empresas a adotarem o sistema de trabalho *home-office*.

Em 2008, uma pessoa ou um grupo de pessoas, sob o pseudónimo de Satoshi Nakamoto [2], publicou um artigo que apresentava uma tecnologia que tem na sua base um algoritmo, para um sistema de pagamento *peer-to-peer* (P2P) de moeda eletrônica usando uma cripto-moeda denominada *Bitcoin*. O sistema funciona através de uma tecnologia denominada *blockchain* e surgiu, talvez coincidentemente, após a grande crise do mercado financeiro de 2008. Esse protocolo, conforme denominado por Tapscott e Tapscott [3], estabeleceu um conjunto de regras – na forma de cálculos distribuídos – que asseguram a integridade dos dados trocados entre bilhões de dispositivos que formam a rede da tecnologia, sem a necessidade de uma terceira parte confiável para verificar a fiabilidade dos dados registados na cadeia de blocos, conforme Tapscott e Tapscott [3].

Alinhada com as transformações nos mercados e nas organizações, a *blockchain* é apresentada como a principal tecnologia que pode influenciar a indústria em considerar e se adaptar a novas visões de negócios, buscando uma integração de diferentes tecnologias digitais como a internet das coisas (*IoT*), o *bigdata* (processamento de grandes quantidades de dados), a computação em nuvem, entre outras da chamada indústria 4.0 criadas com a intenção de melhorar os processos e reduzir perdas.

Dado o alcance da internet - escala global – é possível obter um cenário mais competitivo e conseqüentemente, uma melhor qualidade nos serviços oferecidos aos consumidores.

Nobels [4] refere que o setor da construção civil tem a possibilidade de melhorar a sua produtividade em, até, 50% se investir em tecnologia. Devido aos diversos processos produtivos existe um potencial de otimização podendo proporcionar redução no tempo de construção, diminuição de custos e o aumento na qualidade final da obra.

Nawari e Ravindran [5] acredita que a introdução de novas tecnologias na indústria da Arquitetura, da Engenharia e da Construção acontece de forma natural com o avanço tecnológico. Os mesmos propõem a implementação de sistemas integrados como o sistema de *Building Information Modeling* (BIM). Porém, estes tipos de sistemas ainda se baseiam na confiabilidade da conectividade e segurança cibernética podendo sofrer ataques *hacker*, portanto, conforme salientam este pode ser um potencial caso para o uso da tecnologia *blockchain* de maneira a garantir a segurança dos dados.

As conseqüências do descasamento entre a velocidade de evolução das plataformas digitais e dos *softwares* de trabalho em relação às inovações e ao desenvolvimento de novas tecnologias no setor da construção civil são significativas. Verificam-se processos de obra desatualizados que fazem aumentar os custos de construção; prazos consideráveis para a realização das atividades de execução e conseqüentes atrasos na entrega do produto. Acredita-se que muitos destes problemas podem ser minorados pelo uso de tecnologias digitais. Entretanto, nos últimos anos tem ocorrido um crescente interesse em utilizar conceitos como o BIM, aumentando significativamente a quantidade de dados inseridos nos programas desses sistemas, deixando esses dados mais vulneráveis a ataques externos mal-intencionados que buscam obter informações sigilosas da empresa ou grupo de empresas, apresentando assim uma lacuna que pode ser preenchida pela tecnologia *blockchain*.

Por ser uma tecnologia disruptiva e relativamente recente, a *blockchain* carece de estudos que comprovem a sua validade na comunidade científica, em especial no setor da construção civil. Portanto, a dissertação tem como pergunta norteadora da pesquisa: Como pode a tecnologia *blockchain* contribuir no contexto de segurança dos dados na indústria da construção civil?

1.2 Objetivos do trabalho

Os objetivos deste trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos como descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar de que forma a tecnologia *blockchain* pode contribuir na gestão de contratos e de dados, na construção civil integrado com o BIM.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar em que áreas os modelos e os processos podem usar a tecnologia *blockchain* segundo a literatura.
- Entender o que é a tecnologia *blockchain* e como funciona na prática.
- Analisar os tipos e a quantidade de publicações sobre o assunto.
- Realizar um estudo sobre a experiência real de uma empresa que utiliza a tecnologia.
- Fazer uma análise comparativa entre a revisão sistemática e o estudo de caso.

1.3 Motivação

Uma tecnologia quando é vista de forma isolada não implica necessariamente em grandes avanços tecnológicos, pois é imprescindível que investigadores estejam engajados e se empenhem em descobrir formas de aprimorar as possibilidades de aplicação dessas inovações, tornando-a mais acessível e simplificada. Nesse sentido, é relevante abordar a tecnologia *blockchain* que é considerada como uma das principais tendências do século XXI, tendo em conta a diversidade de áreas do conhecimento em que pode ser aplicada.

Tendo em conta a crescente procura de processos inovadores na área da construção civil, as novas tecnologias surgem no campo de interesse das organizações, empresários e donos de obras em geral. Uma análise mais acurada possibilita a identificação do tipo de serviço que apresente maior eficiência e proporcione uma redução nos custos, ajude a evitar fraudes e possa trazer uma maior confiança a todos os intervenientes, nomeadamente, empresários donos de obras e autoridades de fiscalização e de licenciamento.

Considera-se que esta investigação é importante pelo facto de integrar a *blockchain* na cadeia de produção na construção civil e para mostrar o incremento de confiança introduzido. Todavia, são diversas as áreas do conhecimento correlacionadas para a realização da investigação e pode contribuir para motivar o empreendedorismo, visto que esse nicho de mercado e os resultados obtidos com a investigação podem incentivar a criação de novos postos de trabalho e influenciar a criação de novas empresas.

Portanto, esta investigação pode abrir portas para novas ideias e incentivar investigadores a agregar ainda mais conhecimento sobre o assunto, possibilitando um aperfeiçoamento da tecnologia *blockchain*.

1.4 Estrutura da dissertação

Este trabalho está dividido da seguinte maneira. Para além deste capítulo introdutório no capítulo 2 é descrito o que é a tecnologia *Blockchain* e as suas aplicações. No capítulo 3 é apresentado o estado da arte e nas suas respectivas secções, a revisão sistemática da literatura e a fundamentação teórica. No capítulo 4 é apresentada a metodologia de investigação bem como a definição de que tipo de investigação é realizada. No capítulo 5 é realizado um estudo de caso e posteriormente é realizada uma comparação com os artigos identificados na revisão sistemática do capítulo 2. E finalmente no capítulo 6 é apresentada uma conclusão sobre a investigação.

2. O que é blockchain e quais são as suas aplicações

2.1 Introdução

Neste capítulo será explicado o que é uma *blockchain* bem como os seus mecanismos de funcionamento e as suas possibilidades de aplicação desta tecnologia nas mais variadas áreas do conhecimento.

O capítulo 2 é dividido nas secções 2.2, que define o que é *blockchain*, 2.3 que enumera os tipos de redes, e 2.4 que apresenta as possibilidades de aplicação da tecnologia.

2.2 O que é *blockchain*

Com um pouco mais de uma década de existência a *blockchain* tem um potencial disruptivo que pode impactar diversos setores, isso porque é uma plataforma em consonância à crescente procura por sistemas mais transparentes e confiáveis. Criada em 2008, por uma pessoa ou um grupo de pessoas, sob o pseudónimo de Satoshi Nakamoto [2], com a publicação de um artigo que apresentava a tecnologia que tem em sua base um algoritmo, para um sistema de pagamento *peer-to-peer* (P2P) de moeda digital usando uma cripto-moeda denominada *Bitcoin*. O sistema funciona através de uma tecnologia denominada *blockchain* e surgiu, talvez coincidentemente, após a grande crise do mercado financeiro de 2008. Para obter as características de transparência e imutabilidade, a plataforma mantém o registo de todas as transações realizadas impossibilitando qualquer adulteração nas informações compartilhadas na rede, assim, segundo Magalhães [6], a *blockchain* pode ser considerado como um “livro razão” em escala global, significando um avanço tão significativo quanto o advento da *Internet* possibilitou na conectividade de dados.

Swan [7] define o *blockchain* como um algoritmo matemático que consegue identificar e registrar uma transação na rede, desencadeando uma corrente de blocos onde através de criptografia e de cálculos matemáticos consolida a operação e cria um registo imutável e inviolável. É uma plataforma baseada em nuvem, ou seja, existente apenas na rede

interconectada de computadores ou dispositivos, não sendo possível o seu acesso por outro meio. Como cada nó possui uma cópia do livro razão, torna-se para já muito difícil um ataque *hacker* que consiga realizar alguma alteração sem o consentimento da maioria dos nós conectados, ou seja 51% dos nós. Cada nova solicitação de registo, deve ser validado através da mineração (*proof-of-work*) que consiste em uma operação de resolução de um novo algoritmo passando por uma série de servidores (competição para ver quem resolve o algoritmo primeiro), e assim registar o novo bloco.

Magalhães [6] explica que uma transação dentro da *blockchain* acontece em seis etapas onde a primeira e a segunda, são nomeadamente, a proposta de valor da operação e as informações básicas de registo como o destinatário, quantidade etc. Na terceira etapa a plataforma atribui uma assinatura para cada *hash* da operação, que é um código criptografado do bloco anterior, único de tamanho fixo contendo informações como data, hora e dados de transação. A quarta etapa, trata-se da transmissão para que seja iniciado o processo de consenso pela rede de computadores. Então as duas últimas são: a autenticação e só então a transferência e conclusão com o encadeamento do novo bloco gerado na corrente histórica de registos. Desta forma é mantida a integridade e veracidade de todas as informações presentes na transação.

Na figura a seguir, estão exemplificadas as etapas de uma transação.

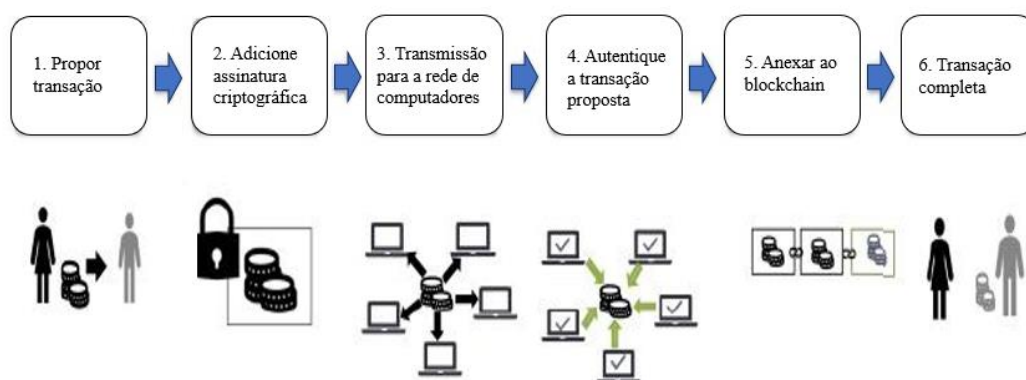


Figura 1 - Esquema do registo de uma transação na *blockchain* Magalhães (2019)

Os registos de transações e as regras de consenso dentro da rede usam a internet como principal meio de conexão, portanto, podem ocorrer diversas transformações, impactos em muitas áreas e possibilidades de desenvolvimentos trazendo, segundo Magalhães [6], um

grande potencial para os próximos anos. A tecnologia *Blockchain* pode ser integrada a diversas tecnologias e.g.: *IoT* sensores, drones e BIM, segundo Yang et al. [8], para atuar como plataformas de dados para empresas que precisam de armazenar dados e realizar transações com segurança. Ciotta [9] argumenta que a tecnologia *blockchain* tem o potencial de dar autenticidade legal a documentos do canteiro de obras não sendo necessário registros em papel. Além disso, com o nível de confiabilidade e rastreabilidade de informações certificados na *blockchain* permitem o uso de ferramentas para rastrear o processo de construção a qualquer momento.

Segundo Swan [7], “A *blockchain* é o mecanismo de coordenação, o item de linha atribuição, crédito, prova e esquema de rastreamento de recompensas e compensação para incentivar participação sem confiança de qualquer agente intermediador em qualquer colaboração. A cadeia de blocos “é uma rede de confiança descentralizada.” O *blockchain* é um local de nuvem para organizações transnacionais. A cadeia de blocos é um meio de oferecer serviços personalizados de governança descentralizada, patrocinando alfabetização e facilitar o desenvolvimento econômico. O *blockchain* é uma ferramenta que poderia provar a existência e o conteúdo exato de qualquer documento ou outro ativo digital em um determinado momento. O *blockchain* é a integração e automação de humanos/ interação máquina e máquina a máquina (*M2M*) e Internet das Coisas (*IoT*) de pagamento para a economia das máquinas. A *blockchain* e a criptomoeda é um mecanismo de pagamento e facilitador do sistema de contabilidade para comunicação *M2M*.”

Segundo Zheng et al. apud Nawari e Ravindran [5], numa rede *blockchain* o livro consiste em uma cadeia de blocos organizados sequencialmente de dados criptografados, descritos, criados e armazenados com *hashes* criptográficos para validar uma transação. As duas partes principais que constituem um bloco individual são:

1. Cabeçalho do bloco, consistindo na versão do bloco, um carimbo de data / hora, o equivalente de raiz da árvore *Merkle* das transações, *nBits*, *Nonce* e um bloco pai. Uma versão em bloco indica o conjunto da validação de bloco. O registro de data e hora exibe a hora universal atual. *Nonce* é um campo de 4 *bytes* que geralmente começa do zero e aumenta em um para cada cálculo de *hash*, agindo assim como um contador de transações. O *hash* do bloco pai é o valor de *hash* de 256 bits que faz referência ao bloco pai, ou seja, o bloco sequencialmente anterior ao da discussão. O primeiro bloco da cadeia que não possui um precursor é chamado de bloco de gênese.

2. Organismo de bloco, que contém os dados reais da transação. Essa é a parte do bloco que dita efetivamente o limite superior das transações possíveis, bem como o tempo da transação.

Segundo Yang et al.[8], a tecnologia *blockchain* é uma rede descentralizada onde não há uma organização central para controlar todas as transações. Portanto, todas as transações são visíveis em todos os nós da rede. Todas as transações são acessíveis através de nós e os dados são compartilhados numa rede *blockchain*. Qualquer pessoa pode verificar os dados e acompanhar o histórico através de um computador ligado à rede para garantir a confiabilidade das informações.

2.3 Tipos de rede

Para Ribeiro e Mendizabal [10], a infraestrutura onde a *blockchain* é implantada e as permissões de acesso podem ser subdivididas em três grupos principais, nomeadamente;

1. Privada: Apresenta um ambiente controlado, com um número reduzido de nós, um maior controle sobre a identidade dos participantes e um maior nível de centralização. Esse tipo de sistema apresenta vantagens, e.g., para uso em redes empresariais, onde é preciso identificar os funcionários que participam na rede, de acordo com suas permissões. Esta modalidade de redes privadas, lançadas para grandes empresas, também são chamadas de cadeias de blocos permissionadas.
2. Pública: Trata-se de uma rede aberta a qualquer usuário, sem identificação dos nodos e totalmente descentralizada. Aplicável na maioria dos sistemas de moedas virtuais, pois funciona bem para um grande número de nós, em ambientes onde não é necessário conhecer a identidade real dos participantes.
3. Consórcio: Trata-se de uma rede mista entre pública e privada. Pode apresentar acesso público e aberto, mas mantendo algum nível de centralização, onde um número menor de nós pode possuir maiores privilégios para controlar o fluxo de transações na rede.

Cada bloco é adicionado à rede por ordem cronológica ao final da cadeia e depois de validado não poderá ser removido ou alterado. Para ser validado, cada bloco precisa de ter certas informações como: "...o cabeçalho, o tamanho do bloco, os registros das transações contidas no bloco, a referência ao bloco imediatamente anterior (o *hash*) e a resposta ao

desafio criptográfico”. Devido à transparência da rede, ainda segundo Ribeiro e Mendizabal [10], qualquer usuário da rede pode ter acesso e consultar os registros de algum bloco de seu interesse.

Segundo Zheng et al. [11], apesar de as três cadeias de blocos serem todas baseadas e mecanismos de consenso para garantir a segurança e a confiabilidade das operações da tecnologia *blockchain*, elas também apresentam diferenças quanto aos níveis de divulgação de informação e de controle central. A imagem a seguir mostra outras diferenças entre as três cadeias de blocos referida anteriormente.

	Aplicação do Grau Descentralizado	Mecanismo de Acesso	Velocidade de Transação	Custo da Transação	Eficiência de Execução	Exemplo de aplicação
privado	Centralizar	Indivíduos ou entidades específicas	rápido	baixo	alto	Acrblock
consórcio	Descentralização parcial	Organizações ou instituições autorizadas	médio	médio	médio	R3, Hyperledger
público	Descentralização completa	Tudo	lento	alto	baixo	BTC, ETH, NEO

Figura 2 - Tipos de redes Zheng et al. (2019)

Zheng et al. [11] defendem que “...comparado ao *blockchain* público, o *blockchain* privado tem a maior vantagem de criptografar informações de auditoria e identidade pública, ou seja, ninguém pode adulterar os dados. Uma vez que alguns erros podem ocorrer, é possível rastrear a fonte dos erros. Portanto, a *blockchain* privado é comum em sistemas ou rede interna”,

2.4 Possibilidade de aplicações

Ribeiro e Mendizabal [10] trazem algumas das aplicações em desenvolvimento para a *blockchain*:

- *Blockchain* 1.0: Cripto-moedas e Cripto-ativos em geral. É a origem das *Blockchains*, sendo o *Bitcoin* a primeira e, até hoje, a maior aplicação.
- *Blockchain* 2.0: Contratos Inteligentes, códigos que possibilitam a criação de outros tipos de aplicações além das cripto-moedas.

- *Blockchain* 3.0: Aplicações Descentralizadas (ou, *DApps*). Geralmente possuem um *backend* de transações executando em uma *Blockchain*, complementadas por uma interface amigável para interação com usuários em massa. Aqui também se inclui a “evolução” da *Blockchain*, denominada *Directed Acyclic Graphs* (ou, *DAG*), um novo algoritmo de encadeamento de transações.
- *Blockchain* 4.0: É uma extensão da geração 3.0 para a “Indústria 4.0”. Em suma a maioria, são aplicações híbridas, onde há uma rede *Blockchain* como um serviço responsável pelo registo de transações de uma empresa, complementando todo um sistema automatizado.

Considerado pelos autores como uma “...tecnologia em fase embrionária...”, esta poderá ter grande impacto em diversos setores futuramente, visto que já existem diversas investigações que procuram explorar as “particularidades da *blockchain*”. Lee [12] sugere que investigações futuras em aplicação da tecnologia *blockchain* na construção devem considerar o trilema (Descentralização, segurança e escalabilidade), ou seja, uma *blockchain* deve-se desenvolver de maneira a maximizar a descentralização e segurança de forma a garantir uma boa escalabilidade para projetos de construção.

Para João [13] a tecnologia *blockchain* conseguiu atrair a atenção da comunidade científica, inicialmente com o desenvolvimento das cripto-moedas, e como vem demonstrando um funcionamento perfeito vislumbra uma “...ampla gama de aplicações no mundo financeiro e não financeiro”. O autor também cita outros tipos de usabilidades da tecnologia, que são: *Smart contracts*, Contratos sociais, Propriedade Intelectual e direitos autorais e a teoria de custos de transação. Para Hamledari & Fischer [14], empresas que já usam a tecnologia *blockchain* podem obter retornos sobre o seu investimento devido ao maior detalhamento do foco usado para analisar os desempenhos financeiro e de gerenciamento do fluxo de produtos.

No universo das cripto-moedas o *Bitcoin* se destaca devido ao seu tamanho de mercado estando atualmente na faixa de 350 mil milhões de euros de capitalização de mercado, conforme *Coinmarketcap* (2022). Possuindo um fornecimento máximo de 21 milhões de unidades, o *Bitcoin* aparece como a cripto moeda com o maior *marketcap* do mercado *crypto*. Com o valor atual na faixa de 27 mil a 32 mil euros por unidade, já chegou a custar cerca de 57 mil euros por unidade, conforme se pode ver na figura 3.



Figura 3 - Variação no preço do *Bitcoin* (2015- 2022) *Coinmarketcap* (2022)

Ainda de acordo com João [13], por possuir um vasto leque de aplicações interessantes o *Bitcoin* bem como as cripto-moedas em geral, possuem estruturas bem adequadas “...para se tornar uma importante classe de ativos”.

3. Estado da arte

3.1 Introdução

O estado da arte deste trabalho tem como objetivo: apresentar a revisão bibliográfica, bem como a fundamentação teórica onde são descritas as possibilidades de inovação no setor da construção civil, discutir os tipos de contratos e o BIM na engenharia civil. A seguir são apresentados os principais conceitos que fundamentam a investigação e seus respectivos tópicos, uma vez que se tratando de uma tecnologia disruptiva pode produzir um certo desconforto em relação às tecnologias vigentes.

O capítulo 3 está estruturado da seguinte forma: Na secção 3.2 é apresentada a revisão bibliográfica, bem como os métodos utilizados para a realização de consultas nas bases de dados (BD), onde na subsecção 3.2.1 é dado enfoque na definição das palavras-chave e na subsecção 2.2.2 é descrito o protocolo proposto para a realização da revisão bibliográfica. Na secção 3.3 é apresentada uma fundamentação teórica e uma síntese das investigações encontradas na fundamentação teórica, onde a subsecção 3.3.1 tem como enfoque os avanços tecnológicos na Engenharia Civil, e posteriormente, na subsecção 3.3.3, são apresentados os principais tipos de contratos na construção civil e finalmente na subsecção 3.3.4 são apresentados detalhes do *Building Information Model* (BIM).

3.2 Revisão sistemática da literatura

A revisão bibliográfica desempenha um papel fundamental no processo de investigação, fornecendo uma base sólida e abrangente para a compreensão dos temas e conceitos. Silva e Menezes [15] ressaltam a importância da revisão bibliográfica como um passo crucial que permite situar o estudo dentro do contexto acadêmico e identificar lacunas no conhecimento existente. As autoras Silva e Menezes [15] explicam que o estudo tem por objetivo “... inserir o problema de investigação dentro de um quadro de referência teórica para explicá-lo. Geralmente acontece quando o problema em estudo é gerado por uma teoria, ou quando não é gerado ou explicado por uma teoria particular, mas por várias.”

Por outro lado, Yin [16] também dá ênfase ao papel da revisão bibliográfica. Yin aponta que a revisão bibliográfica não enriquece apenas o embasamento teórico do estudo, mas também ajuda a fundamentar a escolha da abordagem metodológica. Ao analisar os métodos e técnicas utilizados em investigações anteriores, os investigadores podem tomar decisões mais informadas sobre a condução de seus próprios estudos de caso.

Portanto nesta subsecção, foram exploradas as bases de dados (BD) com o propósito de elucidar as publicações referentes ao tema dessa investigação. A compilação das referências embasa tanto a construção do referencial teórico quanto o estudo de caso, conferindo à investigação uma base sólida e informativa, buscando fundamentar a abordagem de investigação escolhida de forma analítica e interpretativa que será subsequentemente empregada.

3.2.1 Definição das palavras-chave

As palavras-chave são elaboradas de forma a tentar abranger da melhor forma possível o tema em estudo. Para isso é feito uso de comandos e operadores lógicos, conforme Silva e Menezes [15].

São realizadas buscas nas seguintes BD: *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, conforme se pode ver na tabela 1.

Tabela 1 – Definição das palavras-chave em função da BD

Base de dados	Token das palavras-chave
<i>Scopus</i>	<i>“Blockchain AND Integrated AND BIM”</i>
<i>Web of Science</i>	<i>“Blockchain OR Block-chain technology AND contract management in civil construction integrated with BIM OR Building information management.”</i>
<i>Science Direct</i>	<i>“Blockchain technology AND contract management in civil construction AND integrated with BIM.”</i> <i>“Block-chain technology AND contract management in civil construction AND integrated with BIM.”</i>

3.2.2 Revisão sistemática

De modo a permitir a replicabilidade da investigação, Ramos et al.[17] propõem que seja definido um protocolo para o efeito da investigação, do qual constam:

- (i) Objetivos;
- (ii) Equações de investigação pela definição dos operadores lógicos;
- (iii) Âmbito;
- (iv) Critérios de inclusão;
- (v) Critérios de exclusão;
- (vi) Critérios de validade metodológica;
- (vii) Resultados;
- (viii) Tratamento de dados.

Assim, em conformidade com a metodologia estabelecida por Ramos et al. [17], o resumo do protocolo encontra-se na tabela 2.

Tabela 2 - Protocolo de Investigação

Objetivos	Realizar a identificação de referenciais bibliográficos que abordem a aplicação da tecnologia <i>blockchain</i> na gestão de contratos no contexto da construção civil, integrado ao BIM.
Equações de investigação pela definição dos operadores lógicos	<i>Blockchain</i> integrando o BIM
Âmbito de Investigação	<i>Scopus, Web of Science e Science Direct</i>
Critérios de inclusão	Artigos publicados nas referidas BD; Artigos de estudos de caso.
Critérios de exclusão	Artigos que não tenha nenhuma ligação com as áreas de Engenharia Civil e Construção Civil; Artigos com acesso gratuito; Artigos de revisão bibliográfica.
Critérios de validade metodológica	Obter no mínimo 10 artigos relevantes ao tema
Resultados	Descrição da consulta – Registo de todas as etapas.
Tratamento de dados	Filtrar, analisar e descrever criticamente os resultados obtidos.

Seguindo o esquema proposto por Ramos et al.[17], a investigação é desenvolvida inicialmente consultando as BD através do Portal de Periódicos CAPES e do acesso via Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), tendo como objetivo analisar e mapear nas BD referências a termos que compõem as equações de consulta.

Como cada uma das BD tem uma especificidade de consulta, decide-se adaptar cada um dos métodos de consulta sem comprometer o sentido e a abrangência dos *token* de palavras-chave previamente estabelecidos. Em ambos os cenários, a escolha inicia-se através da função de "consulta avançada", visando delimitar da melhor maneira possível o alcance e sem restringir a consulta por termos objeto do estudo.

Assim, a primeira BD onde é realizada a consulta é a plataforma *Scopus*, utilizando os *token* de palavras-chave e o operador lógico “AND”. Portanto a consulta foi realizada com a seguinte configuração: “*blockchain AND integrated AND bim*”. O resultado registra 43 documentos.

A seguir, o processo de consulta é replicado na BD *Web of Science*. Porém, devido às características da BD em questão, usando os mesmos *token* de palavras-chave, obtém-se apenas 4 documentos. Assim, opta-se por usar uma combinação nova de palavras-chave para realizar uma nova consulta nomeadamente; “*Blockchain OR Block-chain technology AND contract management in civil construction integrated with bim OR Building information management*”. Nesta nova consulta opta-se por usar o operador lógico “OR” (além do “AND”, para encontrar mais documentos. O resultado registra 85 documentos.

O processo é replicado na BD *Science Direct*. A consulta utilizando a combinação de palavras-chave “*Blockchain technology AND contract management in civil construction AND integrated with BIM*”, registra 110 documentos. Subsequentemente, ao estabelecer uma nova consulta com a combinação de *token* de palavras-chave “*Blockchain OR Block-chain AND contract management AND integrated with BIM OR Building information managemen*”, registra 143 documentos. Então para não perder possíveis dados importantes, opta-se por considerar os resultados destas duas consultas e assim como das combinações de *token* de palavras-chave.

Como ainda não é aplicado nenhum tipo de filtro, são considerados apenas as ocorrências brutas sem nenhum tipo de distinção quanto a duplicidade ou quanto ao tipo de artigo identificado nas consultas.

Por fim, o resumo com os resultados das consultas e respectivas quantidades pode ser visto na tabela 3, bem como o total dos 381 documentos identificados.

Tabela 3 - Resumo dos artigos identificados

Base de dados	Equação de consulta	Identificados
<i>Scopus</i>	<i>"Blockchain AND integrated AND BIM"</i>	43
<i>Wed of science</i>	<i>"Blockchain OR Block-chain AND contract management AND integrated with BIM OR Building information managemen "</i>	85
<i>Science Direct</i>	<i>"Blockchain technology AND contract management in civil construction AND integrated with BIM"</i>	110
	<i>"Block-chain technology AND contract management in civil construction AND integrated with BIM"</i>	143
	Total de documentos encontrados	381

Depois de exportar todos os artigos das BD, no total 381 resultados é utilizado um aplicativo gerenciador de referências nomeadamente *Zotero*, de maneira a auxiliar o processo de seleção dos resultados, divididos previamente em diferentes grupos consoante a BD. Neste processo verificam-se 73 artigos duplicados, pelo que o número de artigos se reduziu para 308 documentos.

Seguindo o protocolo proposto por Ramos et al. [17], é aplicado posteriormente o critério de exclusão que é “Artigos que não tenha nenhuma ligação com as áreas de Engenharia Civil e de Construção Civil”. Tal processo de seleção é realizado através da leitura dos títulos de cada artigo e da classificação quanto à área de aplicação.

Do processo resulta:

- 73 artigos duplicados;
- 182 artigos sem ligação à área da Engenharia Civil e Construção Civil.

Na próxima etapa de classificação dos artigos, são verificados nas respetivas BD a possibilidade de ter acesso gratuito, posteriormente classificado através da leitura do resumo e das conclusões (quando necessário) para verificar se era estudo de caso ou de revisão bibliográfica.

Tabela 4 - Resumo da seleção dos resultados

Filtro	Quantidade
Duplicados	73
Não pertence à área de consulta (leitura do título)	182
Não pertence à área de consulta ou ligação com o tema (leitura do resumo e conclusão)	5
Artigo com acesso gratuito	15
Artigos de revisão	53
Total	53

Assim após a classificação dos artigos conforme descrito na tabela 4, no total foram pré-selecionados 53 artigos que serviram de base à análise e a lista contendo as referências destes artigos pode ser verificado no apêndice A.

O fluxograma a seguir apresenta como foram realizadas as consultas em cada uma das respectivas BD e resume o processo de seleção dos artigos em cada uma das etapas da revisão bibliográfica.

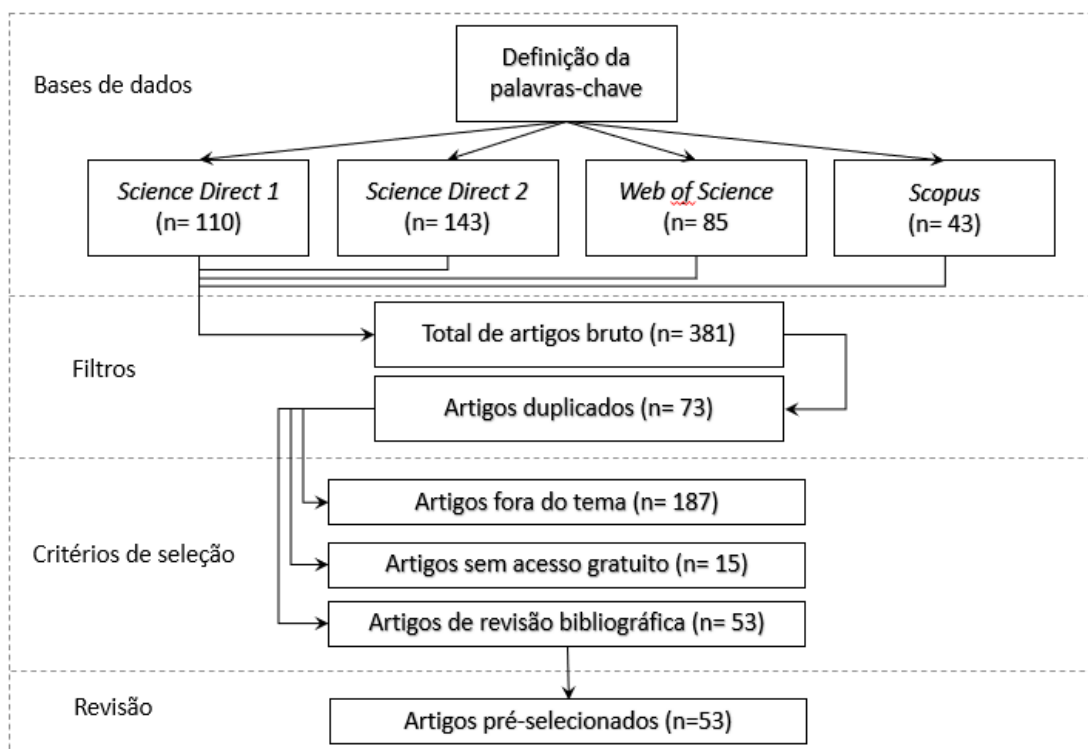


Figura 4 - Fluxograma

Dos artigos pré-selecionados analisados;

- 1 de 2011;
- 1 de 2014;
- 1 de 2015;
- 4 de 2019;
- 7 de 2020;
- 17 de 2021;
- 13 de 2022;
- 9 de 2023.

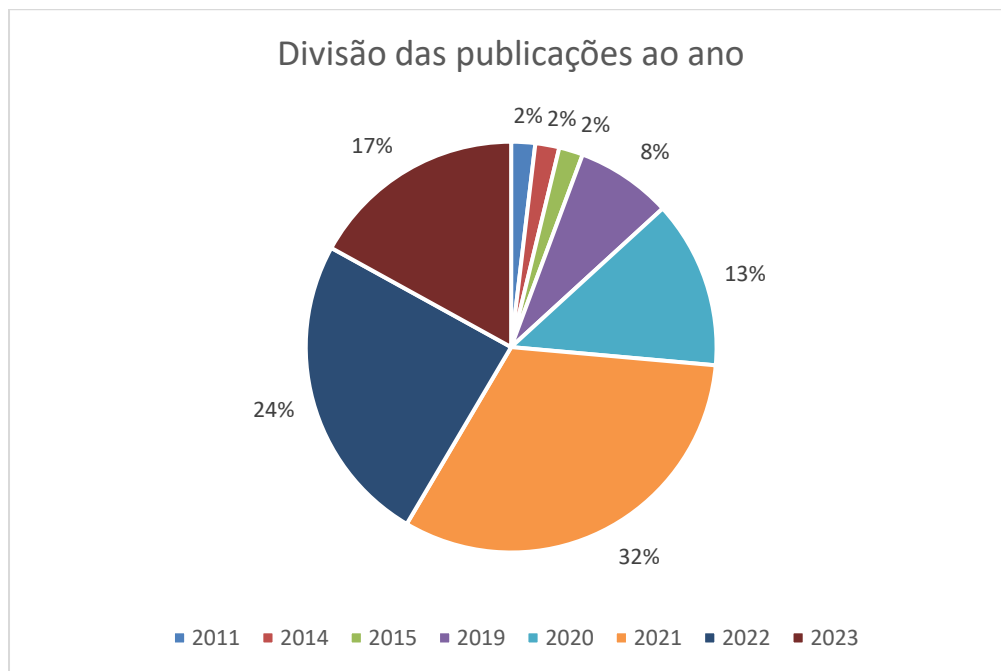


Figura 5 - Percentagem em relação ao ano de publicação

A seguir são listados os anais de publicação dos artigos e suas respectivas quantidades:

- 1 - *International Journal of Architectural Computing.*
- 23 - *Automation in Construction.*
- 1 - *Advances in Engineering Software*
- 3 - *Journal of Cleaner Production.*
- 5 - *Building and Environment.*
- 2 - *Environmental Innovation and Societal Transitions.*
- 1 - *Journal of Construction Engineering and Management.*

- 4 - *Engineering Construction and Architectural Management.*
- 1 - *Procedia Computer Science.*
- 1 - *Proceedings of international structural engineering and construction.*
- 1 – *Sustainability.*
- 1 - *Journal of Building Engineering.*
- 4 - *Advanced Engineering Informatics.*
- 1 - *Sustainable Cities and Society.*
- 3 - *Computers in Industry.*
- 1 - *Journal of Air Transport Management.*

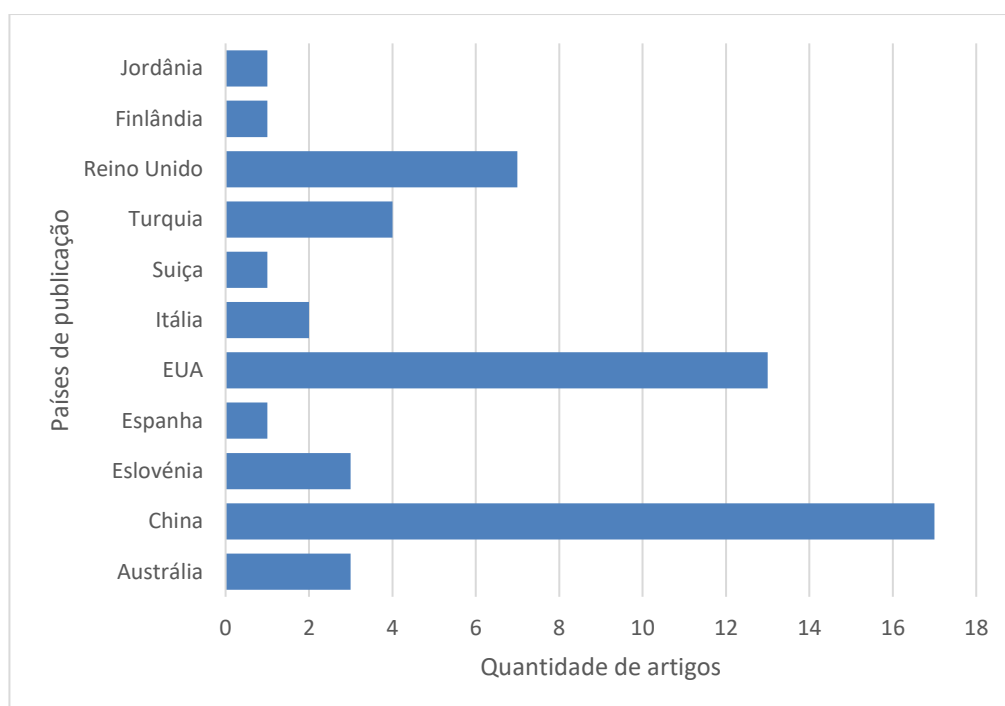


Figura 6 – Países e suas respectivas quantidades de publicações

Uma análise dos dados previamente apresentados revela um interesse na implementação de estratégias voltadas para a automação da construção e o aprimoramento da conectividade nas edificações, seja com o propósito de adquirir informações relevantes ou de monitorar o ciclo de vida dessas estruturas.

3.3 Fundamentação teórica

Nesta secção, é apresentada uma síntese do conteúdo dos artigos obtidos durante a consulta da revisão sistemática da literatura, incluindo referências a outros autores que não foram previamente identificados na consulta. Esses artigos foram obtidos em uma busca inicial, assistemática.

3.3.1 Os avanços tecnológicos na Engenharia Civil

No decorrer da história moderna, a civilização passou por três grandes revoluções industriais e atualmente está passando pela chamada quarta revolução industrial - a revolução 4.0. A primeira revolução foi marcada pelo aprimoramento das máquinas a vapor, criação do tear mecânico etc. A segunda grande revolução foi marcada pela utilização do aço, da energia elétrica, assim como, dos motores elétricos e de combustão. A terceira revolução industrial foi marcada pelo avanço na utilização e aprimoramento da eletrônica, de sistemas computadorizados e de robótica. Atualmente a Revolução 4.0, que está a ser marcada pelo aumento na utilização dos sistemas de rede de internet, de aplicação da “*internet das coisas - IoT*” e de processos de fabricação descentralizados, como esclarece Santos [18].

A Revolução 4.0 também descrita por Schwab [19], representa um impacto para toda a humanidade, direta ou indiretamente, uma vez que, atinge um ponto de inflexão que é quando as novas tecnologias ajudam a aprimorar outras tecnologias e são mais amplamente e rapidamente difundidas, inclusive as já existentes e em muitos casos em uso. A revolução abrange áreas multidisciplinares que vão desde as nanotecnologias, as energias renováveis aos computadores quânticos. Apesar de parecerem bastante abstratas quando vistas no contexto geral, estas novas tecnologias estão a ser usadas em grandes projetos e em aplicações realistas, e.g., os automóveis autônomos, a impressão 3D, a robótica avançada, novos materiais, entre outras. Ainda segundo o Schwab [19], uma das principais pontes entre aplicações físicas e digitais é a internet das coisas (*IoT*), que através da ligação de diversas plataformas permite a interação de pessoas com produtos, com serviços, com lugares etc.

A utilização de sensores menores, baratos e cada vez mais inteligentes está aumentando em um ritmo cada vez mais acelerado sendo possível a sua instalação em roupas e acessórios, casas e aparelhos, cidades, redes de transporte e energia, bem como nos processos de fabricação. Devido à grande quantidade de dispositivos nomeadamente, *smartphones*, *tablets* e computadores todos eles com ligação à *internet*, o número pode passar

a soma de mil milhões, aumentando significativamente a quantidade de dados disponíveis permitindo o gerenciamento de cadeias de fornecimento monitorizadas e otimizadas de maneira contínua, desde a fabricação, ao transporte, à utilização e aos desempenhos dos seus objetos na cadeia de suprimentos, conforme descrito por Schwab [19]. Zhong [20] argumenta que uma estrutura habilitada em *blockchain* pode apoiar o monitoramento do ambiente de construção no local através do armazenamento de dados coletados por sensores de *IoT* e dados de inspeção enviados por responsáveis e registados em blocos após o processo de consenso. Desta forma são registados e armazenados dados confiáveis e imutáveis.

Mesmo por apresentar avanços em termos de gestão, tais como a adoção da filosofia do *Lean Construction* e do BIM, que se distinguem de outras indústrias, as inovações na área da Construção Civil ainda estão predominantemente relacionadas à melhoria de materiais, como revestimentos, melhoramentos em estruturas, betão armado, madeira, entre outros. Enquanto que outras indústrias investem em inovações voltadas para a utilização de tecnologias da informação, a indústria da Construção Civil ainda utiliza dos mesmos métodos, máquinas e continua sendo um setor que é considerado semi-artesanal na execução de seus projetos, como defende Muñoz-La Rivera et al [21]. Segundo Sato [22], a construção Civil no Brasil está desfasada em relação ao restante dos setores produtivos, apesar de ter uma grande representatividade econômica e social para o país.

Conforme as informações divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o produto interno bruto (PIB) da construção civil, no Brasil, cresceu 9,4% em 2021 logo após enfrentar uma dura queda de 6,4% em 2020, apresentando em 2021 o melhor desempenho desde 2010 quando teve um aumento de 13,1% de crescimento. Já a economia nacional brasileira teve um crescimento de 4,6%. Portanto, conforme pode ser visto no gráfico da figura 3 da economista da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC)[23], Ieda Vasconcelos, o setor da indústria de construção civil teve uma grande participação para impulsionar a economia nacional.

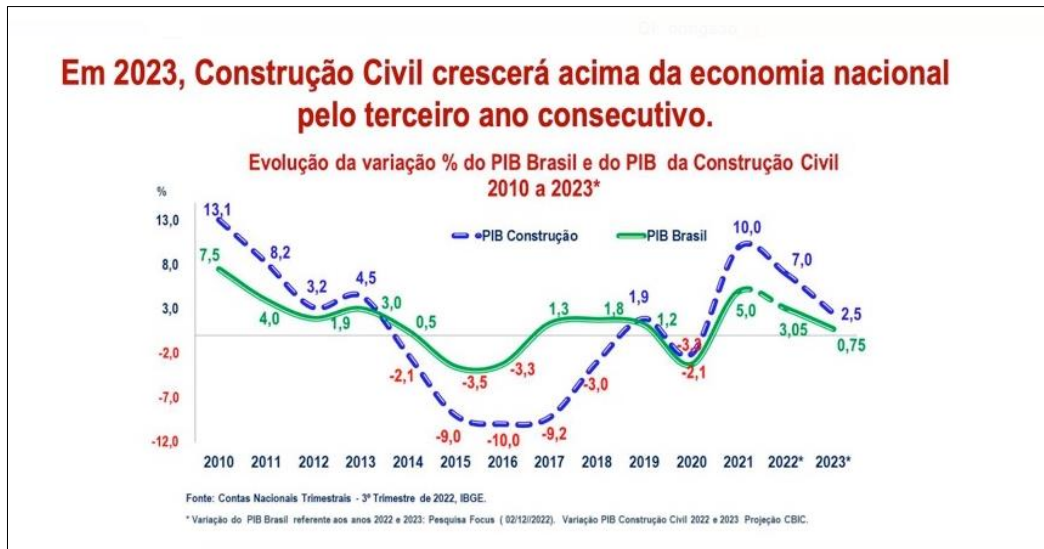


Figura 7 - Comparação PIB total e PIB da Construção Civil no Brasil CBIC (2023)

Na União Europeia, segundo dados apresentados por Amorim e Mello [24], a indústria de Construção Civil representa cerca de 4 a 9 % do PIB dos países componentes do bloco e respondendo por cerca de 4 a 10% do índice de desemprego onde o setor de edificação de construções completas como o subsetor mais importante, sendo responsável por mais da metade do emprego e do valor adicionado.

O setor da Indústria de Construção Civil compunha 8,47% do Produto Interno Bruto (PIB) dos Estados Unidos da América em 2007, como mencionado por Amorim e Mello [15]. Esta indústria é uma das principais atividades econômicas no país, englobando aproximadamente 883.000 empresas.

Segundo a análise de Gosch [25], devido à grande representatividade na geração de receita, o setor da Construção Civil, possui uma cultura de acesso lento e burocrático a inovação e processos de gestão de inovação. Isto acontece porque muitos meios de produção ainda seguem modelos artesanais e ineficientes trazendo como consequência uma baixa produtividade, gastos desnecessários e incidência de erros, e por ser um mercado que gera muita receita e que tem uma grande competição pelo público consumidor em diversas classes sociais, carece de investimentos em investigação, desenvolvimento e inovação a fim de aumentar a produtividade, desempenho e qualidade das edificações bem como reduzir custos, desperdícios, prazos e retrabalho.

Ainda segundo Gosch [25], em muitos países a inovação tem como principais objetivos a busca por constantes melhorias na produtividade, substituindo o trabalho humano e a busca por atendimento a requisitos ligados ao usuário.

Leite [26] apresenta cinco tecnologias que estão revolucionando a construção civil nomeadamente, os drones, a impressão 3D, a nanotecnologia, o *Building Information Modeling* (BIM) e a *Big Data*. Grandes empresas como a ANAMACO, têm investido em plataforma de *Big Data* a fim de mapear as obras no país. O Autor coloca a informação como a maior tendência do século XXI, e a indústria da construção civil é um setor que necessita ser informatizado, portanto, iniciativas de empresas como esta ajudam esse setor avançar. Com essa tecnologia é possível fazer um mapeamento de todas as obras em andamento no país, e assim, avaliar os locais com demandas de equipamentos, materiais de construção, ou até mesmo onde há déficit habitacional. Segundo Turk [27], a indústria da construção civil é formada por sistemas e tais sistemas incluem o próprio projeto, os negócios que participam do projeto, os sistemas de TI que essas empresas estão usando, as pessoas que participam, o produto real e esses limites dos sistemas devem ser protegidos para que haja limitações no que pode entrar e no que pode sair.

Neste campo da gestão de informações e *Big Data*, Schwab [19] diz que: “a revolução digital está criando abordagens radicalmente novas que revolucionarão o envolvimento e a colaboração entre indivíduos e instituições”. Dito isto, o Schwab traz a tecnologia *blockchain* como uma das possibilidades para gestão de informações em instituições e governos que estão investigando o potencial para encontrar formas de usar essa tecnologia para registros.

Ainda argumenta sucintamente sobre algumas aplicações da *blockchain* e a forma de funcionamento desta tecnologia que futuramente pode ser usada nas mais diversas formas de registros como: “...para registrar coisas bem diferentes, como nascimentos e óbitos, títulos de propriedade, certidões de casamento, diplomas escolares, pedidos às seguradoras, procedimentos médicos e votos — essencialmente, quaisquer tipos de transação que podem ser transformadas em código.”

A seguir Schwab[19] faz uma breve descrição do funcionamento da tecnologia *blockchain*. “É um protocolo seguro no qual uma rede de computadores verifica de forma coletiva uma transação antes de registrá-la e aprová-la. A tecnologia que sustenta o *blockchain* cria confiança, permitindo que pessoas que não o conheçam (e, portanto, não têm nenhuma base subjacente de confiança) colaborem sem ter de passar por uma autoridade central neutra - ou seja, um depositário ou livro contábil central. Em essência, o *blockchain* é um livro contábil compartilhado, programável, criptograficamente seguro e, portanto, confiável; ele não é controlado por nenhum usuário único, mas pode ser inspecionado por todos...”

Schwab[19] acredita que, devido ao alcance proporcionado pelos *smartphones*, *notebooks* e dispositivos móveis, essas plataformas se tornam fáceis de usar nesses dispositivos e criam diferentes maneiras de consumir bens e serviços tornando possível a chamada “economia sob demanda (chamada por alguns de economia compartilhada)”, onde reúnem pessoas, ativos e dados.

Alinhado a tecnologia *blockchain*, o *metaverso* surge como um potencial de adoção na construção civil, visto que pode ser usado em diferentes fases do processo. Por ser possível criar ambientes virtuais tridimensionais, esta tecnologia pode ser usada para proporcionar uma experiência de interação entre o usuário e o empreendimento, permitindo possíveis correções e eventuais modificações ainda na etapa de desenvolvimento dos projetos, conforme exposto por Pastore [28]. Outra forma de utilizar o *metaverso* na construção civil é através da criação de ativos, que são elementos digitais dentro do *metaverso* como exemplificado por Pastore [28]: móveis, imóveis, terrenos e lojas. A tecnologia *blockchain* também pode ser usada no *metaverso*, como “uma das chaves habilitadoras” permitindo transações sem a necessidade de uma entidade intermediadora/um terceiro, entre as partes interessadas.

Continuando nesta linha de novas tecnologias, Santos [18] expõe o BIM como um conceito que reúne informações sobre uma determinada etapa de projeto, condensado em um modelo tridimensional. A figura 4 exemplifica a forma de funcionamento do conceito BIM, onde as informações inseridas nos programas são analisadas e testadas automaticamente pela plataforma impedindo a inserção de atribuições erradas.



Figura 8 - *Building Information Modeling* (BIM) Santos (2021)

Santos [18] apresenta também alguns dos *softwares* comumente usados para o processo de análise dos projetos, são eles:

- *Archicad*: Desenvolvido pela *Graphisoft*, o *Archicad* é um programa de arquitetura. O *software* permite a elaboração de projetos arquitetônicos, garantindo sua visualização em 2D e 3D com riqueza de detalhes.
- *Revit*: Desenvolvido pela *Autodesk*, é um dos softwares mais utilizados no mercado e permite a integração com o AutoCad.
- *Vectorworks*: Desenvolvido pela *Nemetschek* e permite projetar da forma tradicional, semelhante ao *AutoCad*. Possui compatibilidade total com o formato IFC, o que garante que seja possível realizar troca de arquivos com outros softwares BIM.

Com o auxílio desses programas é possível “agrupar diversos processos como o desenho de projeto, a análise, a documentação, orçamentação, fabricação, logística e o cronograma da obra”, conforme colocado pela autora. Wang [29] e Yang [8] concordam que o *blockchain* pode colher todos os benefícios de outras tecnologias inovadoras, como BIM e *IoT*, quando habilitadas para compartilhamento de informações, rastreabilidade e transparência.

Contando com uma mão de obra qualificada munidos de conceitos e softwares como os citados acima, é possível reduzir a incidência de erros na execução dos projetos e consequentemente melhorar a qualidade dos serviços executados na construção civil evitando retrabalho e desperdícios de força trabalhadora bem como de insumos.

3.3.2 Relações contratuais na Engenharia Civil

Importante destacar que para o presente trabalho fez-se necessário alguns tópicos sobre a temática contratual com foco em contratos realizados por construtoras na área da Construção Civil, portanto, interessa ao estudo somente alguns recortes dessa temática, como: definições, aplicações, formação e composição dos contratos. Posto isso, não cabe um estudo aprofundado do tema, como as classificações dos contratos, análise sistemática de contratos usuais etc.

Segundo Francisco e Haddad [30], “Existem muitas definições e variadas significações para o termo “contrato”, tanto no campo do Direito como no da Engenharia”. Conforme pode ser definido pelos autores de forma sucinta, os contratos têm como objetivo a exposição da vontade entre as partes, registado e firmado de livre vontade com objetivo de

regulamentar a execução de determinados serviços ou ações, conforme o tema determinado e as cláusulas contratuais.

Para Oliveira e Giacaglia [31], os contratos são divididos em dois grandes grupos: os transacionais e os relacionais. Os transacionais são considerados quando existe algum tipo de transação, seja pela troca de bens ou prestação de serviço. Nesse tipo de contrato devem existir cláusulas relacionadas às penalidades com principal função de prevenir que algum serviço seja entregue com uma qualidade inferior ao esperado, por exemplo. Por ser amplamente utilizada na Construção Civil, essa categoria tornou-se “facilmente compreensível entre os participantes”, segundo os Autores. Os contratos relacionais são considerados quando há uma “relação entre os participantes de forma a criar um ambiente de trabalho baseado na confiança e colaboração”, portanto, possuem cláusulas voltadas a transparência e estabelecem formas para como os possíveis conflitos devem ser resolvidos. Esse tipo de contrato trata dos objetivos comuns e não apenas das atividades individuais, incentivando assim a colaboração entre as partes.

A seguir são apresentados os tipos de contratos mais comuns usados na construção Civil e as suas respectivas descrições, segundo os conceitos e a estrutura apresentados por Ramos [32]:

- Contrato por empreitada global ou contrato de preço fechado – Este tipo de contrato é comumente usado junto aos serviços públicos, onde fica a cargo do contratado conhecer os itens da planilha, gerenciar a execução dos serviços conforme especificado em projetos. Por ser um valor acordado no início dos trabalhos, qualquer custo excedente é responsabilidade da empresa contratada;
- Contrato por empreitada global a preços unitários – Neste caso o custo unitário dos serviços é conhecido, porém, as quantidades dos serviços são verificadas durante as medições em obra;
- Contrato por administração ou contrato por preço de custo – Este tipo de contrato é mais usado em casos de “contratos amplos, sem objetivos definidos que servem de base para subcontratos específicos, onde as decisões têm de ser rápidas e diárias. Nele o contratado recebe uma percentagem dos gastos que foram realizados na execução da obra”;
- Contrato por reembolso dos custos mais uma quantia fixa – Este contrato normalmente é utilizado quando ainda não tem certeza dos serviços que serão realizados, portanto, a remuneração da empresa contratada será por pagamento dos custos para realização dos trabalhos mais um valor fixo acordado entre as partes;

- Contrato por preço máximo garantido – Neste caso é acordado um preço máximo entre as partes, se acaso for superado, a empresa contratada se responsabiliza pelos custos excedentes;
- Contrato com incentivo – No contrato com incentivo “se a contratada não atingir o teto de homens-hora (valor máximo previsto de consumo de homens-hora), receberá uma parcela da economia proporcional ao volume de homens-hora não consumidos. Caso o teto for ultrapassado, o prejuízo é partilhado com o cliente até certo limite do contrato da obra”.

Portanto, cada tipo de contrato deve ser elaborado conforme sua especificidade, desta forma, pode proporcionar juridicamente a formalização dos acordos, garantias e comprometimento entre o contratante e contratado. Segundo Ramos [32], “...o gerenciamento dos contratos tem como intuito proteger a empresa de prejuízos e garantir que de todas as etapas e cláusulas contratuais sejam realizadas ou adequadas quando necessários, sendo que é nele onde são feitos o planejamento, a negociação, a execução, a fiscalização e a finalização do contrato.” Assim, a execução alinhada às atribuições de cada parte, pode resultar em um melhor controle de qualidade e maior produtividade na execução dos serviços e, por conseguinte, redução de custos e melhoria nos processos construtivos.

Para Moura; Brauner & Janissek-Muniz [33], as tecnologias influenciam no relacionamento do setor público com os cidadãos, portanto, é necessário entender o seu funcionamento para obter melhores resultados quanto a suas aplicações. Segundo os autores, “...a *Blockchain* impacta a forma de conceber processos, bem como no armazenamento de dados e na utilidade que as instituições intermediárias possuem dentro do sistema organizacional.” Além disso, devido as suas características de transparência e descentralizada à tecnologia *blockchain* pode entregar maior confiabilidade ajudando a reduzir os casos de fraudes e adulterações de documentos, uma vez que possibilitam meios auditáveis de verificação dos dados registados na rede. E ainda conforme os autores afirmam, “...a administração pública deve-se atentar que a tecnologia não transforma a realidade por si só, mas oferece um novo instrumento à serviço da sociedade.”

Segundo Sheng et al. [34], na área do gerenciamento da qualidade na construção, a tecnologia *blockchain* fornece um novo protocolo e infraestrutura de segurança, que permitem que diferentes *stakeholders* obtenham um gerenciamento das informações consistente, seguro e descentralizado, restringindo assim o comportamento de cada participante.

3.3.3 *Building Information Model (BIM)*

Atualmente existem diversos conceitos sobre o BIM e um dos mais conhecidos é o que foi utilizado primordialmente por Charles Eastman, professor da *Georgia Tech School of Architecture* e diretor do *Digital Building Laboratory*, onde ele teria conceituado BIM como sendo “...um modelo digital que representa um produto, que, por sua vez, seria o resultado do fluxo de informações do desenvolvimento do seu projeto”, segundo a Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras Volume 1[23]

O conceito de *Building Information Model* (Modelo de Informação de Construção) evoluiu ao longo das décadas, começando com as propostas de revisão automática de modelos por Eastman em 1977 e o desenvolvimento do *software GLIDE* anos depois. Nos anos seguintes, surgiram conceitos semelhantes, como *Building Product Models* nos Estados Unidos e *Product Information Model* na Finlândia, que se uniram para formar o *Building Information Model*. Posteriormente, nos anos 90 surge o primeiro software de modelação que é chamado de *REVIT*, que mais tarde, em 2002, é comprado pela *AutoDesk* que começa a promover o *software* e em 2004 apresenta metodologias de trabalho colaborativas possibilitando integração de diferentes especialidades do projeto num modelo único, conforme destacado por Venâncio [35].

Seguindo a descrição da CBIC Volume 1[23], existem diversos softwares 3D, porém, “...nem tudo que é 3D é BIM, mas se for é 3D.” *Softwares* BIM são integrados e qualquer atualização realizada no modelo reflete automaticamente nos desenhos e tabela, pois os *softwares* atuam como gestores de bancos de dados integrados proporcionando atualizações automáticas.

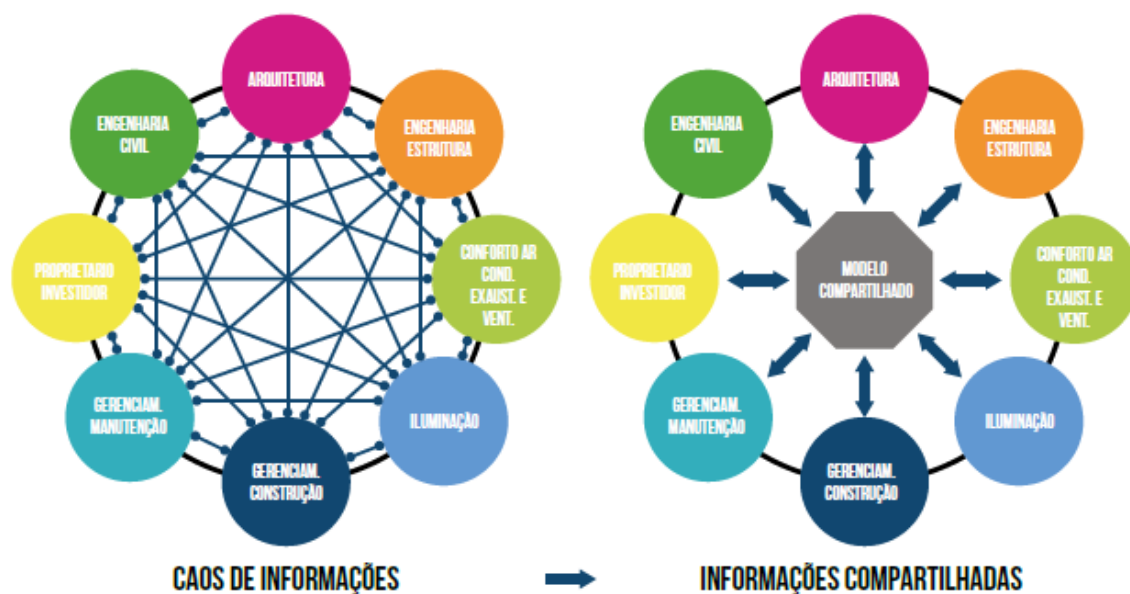


Figura 9 - Processo tradicional de trocas de informações e um modelo compartilhado
 Fonte: Adaptado de Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras (CBIC, 2018)

Muito além da conhecida 3D, o BIM conta com outras dimensões, conforme exemplificado por Luiz [36], que ajudam a analisar o edifício em diferentes aspectos, proporcionando maior proximidade e complexibilidade ao modelo deixando mais fiel ao empreendimento real e execução do projeto.

As outras dimensões são descritas a seguir, conforme ilustrado por Luiz [36]:

- 3D - A tridimensionalidade do BI é acompanhada pelas informações que cada objeto possui, podendo serem atualizadas a qualquer momento durante o ciclo de vida da obra, não se limitando apenas a representação geométrica.
- 4D - Adiciona o planejamento ao modelo tridimensional, sendo possível definir e controlar quando o elemento será executado assim como o desenvolvimento dos processos do projeto.
- 5D - Acrescenta o gerenciamento de custos do projeto, determinando quanto irá custar cada etapa do projeto, evitando extrapolações do orçamento na etapa de execução da obra.

- 6D - Adiciona o fator sustentabilidade à modelagem, analisando o tipo e quantidade de energia a ser consumida nas etapas do projeto. Também inclui a certificação de empreendimentos.
- 7D - Acrescenta a gestão das instalações e manutenção da obra, contendo tais informações num único local no modelo de informação do edifício. Essa dimensão busca promover uma melhor qualidade na prestação de serviços durante todo o ciclo de vida da obra.
- 8D - Inclui a análise, gestão, prevenção de acidentes e riscos do modelo. Segurança ocupacional e saúde.

Hunhevicz, Motie, e Hall [37] comentam sobre a possibilidade de usar um gêmeo digital do edifício conectado a sensores, como forma de obter dados reais da edificação para auxiliar na gestão. A aplicação efetiva dessas dimensões necessita de maturidade para a sua implementação.

Venâncio [35] mostra como foram definidos os níveis de maturidade no Reino Unido para os diferentes tipos de *softwares* utilizados conforme pode ser visto na figura a seguir (Figura 6):

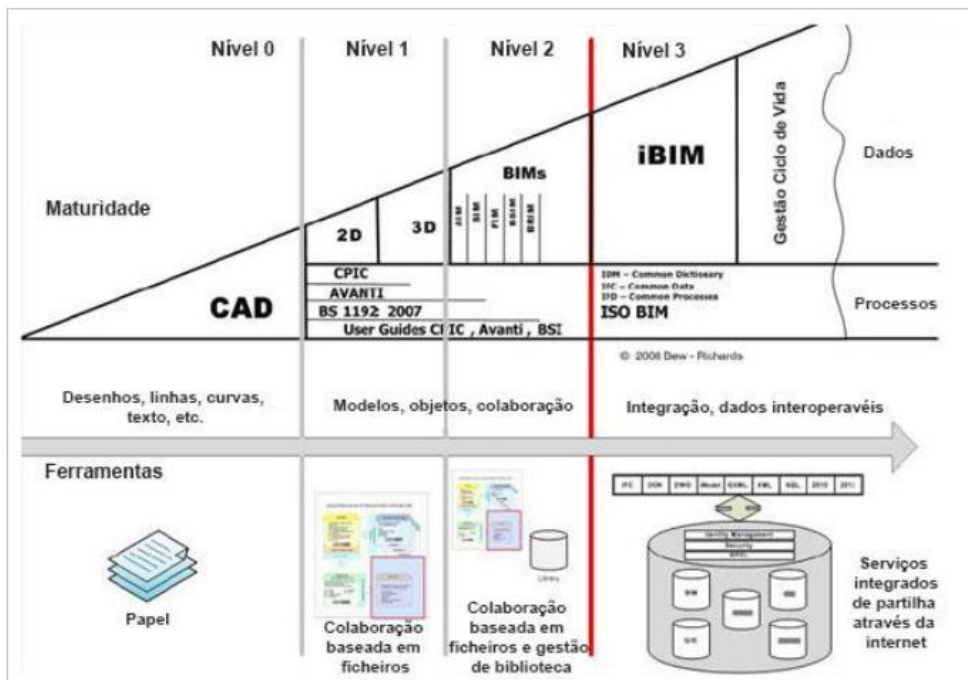


Figura 10 - Diferentes níveis de maturidade do BIM Venâncio (2015)

Onde segundo Venâncio [35] os níveis são definidos como:

- Nível 1 - Estão compreendidos projetos em *CAD* 2D ou 3D, havendo partilha de ficheiros gerida por normalização, pelo que há a definição de procedimentos colaborativos.
- Nível 2 - Os modelos BIM substituem os tradicionais ficheiros *CAD*, havendo partilha de informação de acordo com processos já definidos para o nível anterior, sendo este o objetivo traçado no Reino Unido para atingir até 2016.
- Nível 3 - toda a informação é criada e gerida por modelos BIM, havendo normalização dedicada a esta nova forma de trabalho, otimizando processos colaborativos, sendo que toda a informação gerada é integrada e interoperável entre os intervenientes e disponibilizada através de plataformas *web*.

Teisserenc e Sepasgozar [38] identificam outros fatores principais necessários para uma mudança de paradigma. Esses fatores-chave estariam na inclusão de um novo nível de maturidade 4, que inclui colaboração distribuída, compartilhamento de dados, cadeia de valor descentralizada de dados e automação de processos com contratos inteligentes. A maturidade do nível 4 contribuiria para reduzir a concentração de dados e melhorar a colaboração, compartilhamento de dados, confiança, eficiência, e criação de novos modelos de negócios na indústria da construção 4.0 e dentro de uma economia circular descentralizada.

Além dos níveis de maturidade do BIM, Dounas et al. [39] propõem níveis de integração entre BIM e *blockchain* e que são:

1. Uma *blockchain* operando completamente dentro de um ambiente BIM;
2. BIM e *Blockchain* conectados através da *Web*;
3. BIM e *blockchain* integrados através de uma *blockchain* (Nó *Ethereum*);
4. BIM executando com seu banco de dados completamente implementado como uma *blockchain* descentralizada.

O esquema proposto pode ser visto na figura a seguir:

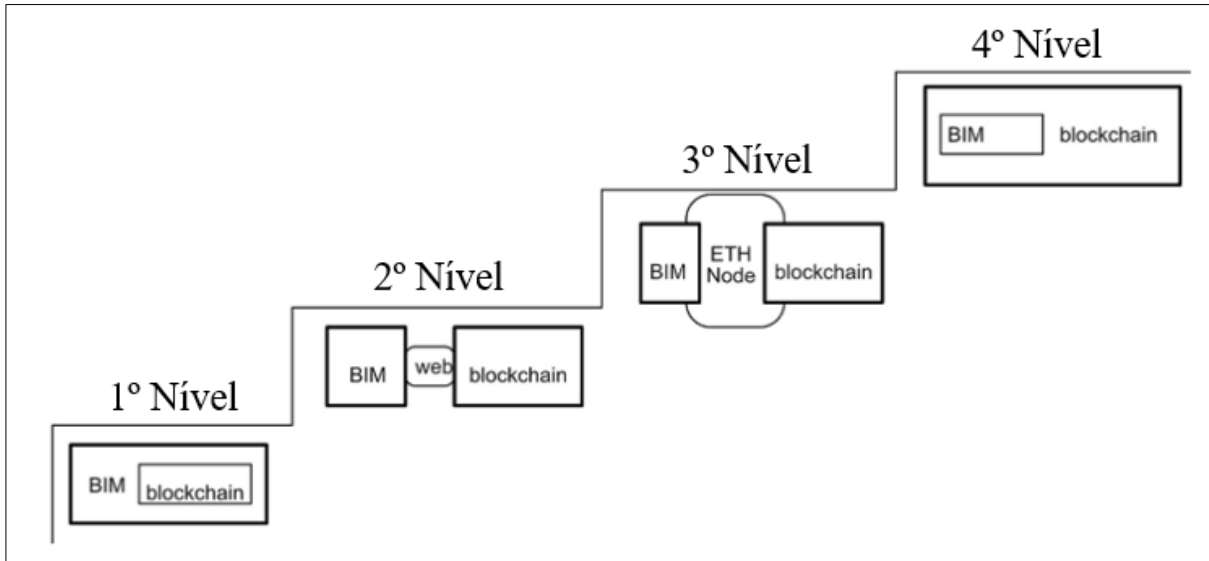


Figura 11 - Níveis de integração entre BIM e *blockchain* Dounas, Lombardi e Jabi (2021)

Segundo Papadonikolaki et al. [40] as tecnologias digitais são introduzidas na construção e moldadas pela interação dos processos de mudança institucional e organizacional dos *stakeholders*. Essa interação procura “ativar e impulsionar, em vez de inibir” a trajetória de adoção de inovações digitais baseada em projetos.

4. Metodologia

4.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para responder ao problema de investigação e alcançar os objetivos propostos neste estudo.

4.2 Caracterização geral do local de estudo

“Pode-se definir investigação como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”, conforme Gil [41].

A partir dos objetivos dessa investigação, pode-se caracterizar esta investigação como exploratória. Segundo Gil [41], as investigações exploratórias têm por objetivo proporcionar maior familiaridade com um problema, de maneira a explicitá-lo ou possibilitar a construção de hipóteses.

4.3 Classificação da investigação de acordo com os métodos empregados

Considerando-se que o estudo tem como foco a análise dos benefícios na adoção da *blockchain* na gestão de contratos e de dados, na construção civil integrado com o BIM, optou-se pela revisão sistemática e pelo estudo de caso como método de investigação. Severino [42] informa que o caso escolhido para investigação deve possuir como características a “significância” e a “representatividade”, além de estar apto a possibilitar “generalizações” e “inferências”.

Assim, com base no pensamento do autor, justifica-se a escolha desse método de investigação tanto pela relevância do tema no contexto atual, quanto por se acreditar que os resultados alcançados a partir desta experiência possam ser estendidos a outras empresas de construção civil.

O método da análise comparativa foi adotado, pois por meio dela é realizada a aferição dos dados por um mesmo critério. Com o confronto de informações, pode-se obter a

estimativa de quão vantajoso ou desvantajoso seria a aplicação da gestão de qualidade na obra.

No que tange aos objetivos em si, este estudo possui caráter descritivo e prescritivo, pois pretende-se, num primeiro momento, descrever uma situação específica para, num momento posterior, prescrever linhas de referências que norteiem os gestores de empresas no processo de tomada de decisão. De acordo com Cervo et al. [43], a investigação descritiva "procura descobrir, com maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e suas características". Quanto à investigação prescritiva, Bonat [44] informa que é recomendada quando se procura propor um "modelo teórico referencial" capaz de fornecer soluções concretas a um determinado problema ou prescrever as próprias soluções de modo direto.

4.4 Avaliação objetiva

No que se refere aos procedimentos técnicos utilizados para a obtenção de dados, esta investigação pode ser classificada como um estudo bibliográfico e documental. De acordo com Cervo et al. [43], a investigação bibliográfica busca explorar determinado assunto tendo como ponto de partida discussões pré-existentes. Já a investigação documental é caracterizada pela primariedade dos dados, possibilitando-se ao pesquisador tratá-los e analisá-los de forma a construir sua investigação, conforme descrito por Severino [42].

Para Marconi e Lakatos [45] as fontes de coleta de dados são de natureza: (1) primária (investigação documental), constituídas por dados da empresa de estudo de caso, dados estes obtidos através de entrevista e aplicação de questionário diretamente com o CEO responsável pelo desenvolvimento da empresa; (2) e secundária (investigação bibliográfica) composta por livros, manuais, artigos e dissertações.

Yin [16] ressalta a importância de aplicar o princípio lógico da triangulação para aumentar a validade e confiabilidade dos resultados. Nesse contexto, foram utilizadas três princípios fundamentais para obtenção das evidências: (1) a utilização de mais de uma fonte de evidências (dados primários, a entrevista e o questionário; dados secundários, a revisão bibliográfica através da investigação com operadores lógicos.); (2) a criação de um banco de dados para o estudo de caso; (3) o encadeamento de evidências.

5. Estudo de caso

5.1 Introdução

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o estudo de caso realizado com uma empresa de tecnologia especializada na construção civil, onde são analisados os dados referentes à utilização de uma solução baseada em *blockchain*. Para a realização dessa análise, foram realizadas entrevistas com o *Chief Executive Officer* (CEO) e o *Chief Financial Officer* (CFO) da empresa.

Importante destacar é o facto de que o estudo de caso com a aplicação de questionário, serviu para a validação do questionário em questão e a análise dos resultados diz respeito apenas à empresa que foi entrevistada e não à visão geral da utilização da tecnologia *blockchain*.

A escolha da empresa em estudo como objeto tem a ver com o seu alto posicionamento no setor da construção civil em especial por adotar tecnologias inovadoras para melhorar os procedimentos de gerenciamento.

Como forma de apresentar o processo que a empresa passou para adotar essa tecnologia, são apresentados alguns detalhes relevantes sobre a estrutura da empresa, nomeadamente, sua cultura organizacional e as motivações que a levaram a considerar a adoção da tecnologia *blockchain*. As entrevistas com os responsáveis proporcionaram percepções valiosas acerca das expectativas, desafios e resultados esperados com a implementação dessa solução. A análise dos dados obtidos através da comparação com as publicações na literatura, permitiu uma compreensão mais aprofundada sobre como a tecnologia está sendo aplicada na empresa e como ela contribui para as operações quotidianas, além de identificar possíveis benefícios e desafios enfrentados durante o processo de adoção.

Espera-se que esse estudo de caso contribua não apenas para o avanço do conhecimento científico na área, mas também forneça informações valiosas que possam ser úteis para outras organizações interessadas em adotar soluções baseadas em *blockchain* na construção civil ou em outros setores de atuação.

5.2 Caracterização da empresa

A empresa em estudo é de tecnologia aplicada na construção com sede em São Paulo e filial em Porto Alegre, dedicada ao mercado de engenharia atuando no mercado nacional desde 2004. Trabalha com uma oferta baseada em uma plataforma de colaboração, comercializada na modalidade de *software* como serviço de tecnologia própria, é formada por engenheiros, arquitetos e técnicos, fator que facilita a comunicação. O foco é a gestão de documentos, processos e informações, tendo como mercados principais os de energia e infraestrutura.

O entrevistado já está à frente da empresa há muitos anos e possui um amplo conhecimento sobre a tecnologia, tendo inclusive participado como palestrante em seminários e *podcasts*.

5.3 Recolha de dados primário

Em estudos de caso a coleta de dados primários através de entrevista por questionário, segundo Yin [16], pode oferecer informações enviesada quantitativo e qualitativamente. Yin destaca a importância de criar questionários bem estruturados e bem formulados, claros e concisos, e com perguntas específicas e relevantes para o problema de investigação em questão. Marconi e Lakatos [45] também destacam que perguntas abertas ou livres possibilitam “...investigações mais profundas e precisas”, porém o entrevistado pode encontrar dificuldades para a resposta e como tal deverá redigi-la.

Além da empresa que aceitou participar nesta investigação, foram realizadas tentativas de contacto via *LinkedIn* e *e-mail* com outras empresas que também fazem uso da tecnologia, porém, nenhuma delas devolveu resposta.

Por tanto, depois de algumas conversas com o entrevistado via *e-mail*, foi proposto para a colheita dos dados primários a aplicação de um questionário com perguntas abertas e de viés qualitativo, devido à natureza da função do entrevistado e a impossibilidade de realizar chamadas, mesmo por meio remoto, optou-se por continuar o contacto via correio eletrónico (*e-mail*).

Foram elaboradas 15 perguntas direcionadas exclusivamente ao objeto de investigação, divididas por temas. Iniciando com questionamentos sobre a empresa em estudo, a seguir sobre a tecnologia, indicadores e clientes, com a inclusão de mais 3 perguntas

finais mais direcionadas à opinião pessoal do entrevistado em relação à tecnologia, totalizando então um questionário com 18 perguntas abertas, conforme pode ser verificado na tabela 5 a seguir:

Tabela 5- Questionário da entrevista semiestruturada utilizado para o levantamento de dados primários junto à empresa

• Empresa
<ol style="list-style-type: none"> 1. Poderia fazer uma caracterização da empresa e assim como da sua estrutura? 2. Como foi o processo de decisão para usar a tecnologia (atores envolvidos)? 3. Qual é a fornecedora da <i>blockchain</i>, tipo de rede que é utilizada? 4. Foi necessário realizar formação na equipa para trabalhar com a tecnologia?
• A Tecnologia
<ol style="list-style-type: none"> 5. Quais são os processos para implementar esta tecnologia? 6. Quais são as vantagens e as desvantagens mais perceptíveis? 7. Existe algum projeto onde esteja a ser usado a <i>blockchain</i> integrada ao BIM? 8. Se não fosse usado <i>Blockchain</i>, qual seriam as outras formas de fazer esse processo? 9. Qual foi o tempo necessário para ajustar a ferramenta às políticas da empresa?
• Indicadores
<ol style="list-style-type: none"> 10. Quais são os indicadores de desempenho que a empresa utiliza para monitorizar o sucesso da utilização do <i>blockchain</i>? 11. É possível retirar uma amostra estatística de gestão? 12. Existe algum indicador que compare o uso de tecnologia com métodos convencionais? 13. Qual é a quantidade de projetos geridos na rede?
• Clientes
<ol style="list-style-type: none"> 14. Como foi o contacto dos clientes com a tecnologia? 15. Teve algum tipo de resistência ou medo de usar a tecnologia?
• Perguntas finais
<ol style="list-style-type: none"> 16. De acordo com a experiência até ao momento, quais são os conselhos a dar a outras empresas interessadas em adotar o sistema <i>blockchain</i> integrado ao BIM para melhorar os seus processos? 17. Se pudesse melhorar algum processo na tecnologia, qual seria? 18. Conclusões: pode fazer algum comentário pertinente sobre esta investigação?

Após a receção das respostas do entrevistado, a análise das respostas individualmente, com embasamento no referencial teórico foi conduzida e é apresentada no próximo capítulo.

5.4 Análise dos resultados

A análise dos factos e do ponto de vista empírico deve ser confrontada com a visão teórica e os dados da realidade, e para isso, segundo Gil [41] deve ser conduzida através de um modelo conceitual e operativo da investigação. Alinhado com este conceito, Yin [16] ressalta a importância de utilizar diferentes fontes para a obtenção de evidências e desta forma propõem a utilização de fundamento lógico da triangulação para aumentar a validade e confiabilidade dos resultados, podendo ser realizado a análise por triangulação de 4 maneiras diferentes:

1. de fontes de dados (triangulação de dados);
2. entre avaliadores diferentes (triangulação de investigadores);
3. de perspectivas sobre o mesmo conjunto de dados (triangulação da teoria);
4. de métodos (triangulação metodológica).

Nesse sentido, para o estudo em tela, será usada a triangulação do tipo 1, de fontes de dados que consiste na colheita de dados de várias fontes diferentes, como entrevistas, documentos, observações, registos, para obter uma compreensão mais completa do fenómeno em estudo, conforme explica Yin [16]. Então, a obtenção dos dados: primários, foi proveniente de entrevista por aplicação de questionário com informante qualificado responsável por uma empresa que atua na área da Engenharia Civil e da Construção; secundários, são provenientes da revisão bibliográfica sistemática realizada em diferentes bancos de dados conforme descrito anteriormente no capítulo 2.2.

Portanto, a seguir serão apresentadas as questões, seguidas das respostas do entrevistado e posteriormente é feito o encadeamento com citações de artigos que tem relação com as respostas.

O primeiro tema apresentado no questionário foi “Empresa” e possui 4 perguntas. A primeira questão foi sobre a empresa e a sua estrutura.

Questão número 1 “Poderia fazer uma caracterização da empresa e assim como da sua estrutura?”.

A resposta do entrevistado:

“Somos uma empresa de tecnologia dedicada ao mercado de engenharia. Nossa oferta está baseada em uma plataforma de colaboração, comercializada na modalidade de software como serviço de tecnologia própria. O foco é a gestão de documentos, processos e informações, os nossos mercados principais são os de energia e infraestrutura.”

Essa resposta foi para melhor situar a investigação quanto ao tipo de empresa e a sua atual estruturação e atuação frente ao mercado de Engenharia Civil e construção.

Questão número 2: “Como foi o processo de decisão para usar a tecnologia (atores envolvidos)?”.

A resposta do entrevistado:

“A decisão de usar *blockchain* veio dentro do objetivo de atender a demanda de nossos clientes por mais segurança. Não foi uma decisão isolada, tão pouco uma ação isolada. Antes dela implantamos aplicativo de celular para checar validade de documentos impressos, duplo fator de autenticação, mudanças na infraestrutura para melhorar questões de disponibilidade, previsibilidade e DR, além de integrações com tecnologias como assinatura digital de terceiros.

Os envolvidos foram: (i) equipe comercial, (ii) equipe de desenvolvimento e (iii) direção. A equipe comercial trouxe a demanda, garantir fidelidade dos dados mesmo em casos e cenários extremos e nos equiparar em termos de segurança com os grandes players internacionais. O grupo debateu muito o tema até entender ser *blockchain* um bom caminho. A direção forneceu todo o empowerment para que fosse buscada e implementada a solução.”

Devido a multidisciplinaridade de atores envolvidos no desenvolvimento de projetos na construção civil, em todas as suas etapas são necessários documentos para registrar cada processo. Portanto, grandes projetos exigem um nível de segurança ainda maior para garantir a fiabilidade do que foi registrado. Alinhado a esse posicionamento, Ciotta et al. [9] explicam que uma abordagem baseada em *blockchain* pode resolver problemas comuns relacionadas ao uso de metodologias tradicionais onde podem ocorrer erros humanos ao transmitir informações devido à necessidade de intervenção em vários níveis, uma abordagem tradicional pode ser incapaz de garantir a confiabilidade dos dados transmitidos e a transparência de quaisquer decisões tomadas, porque ficam ao critério das pessoas que as executam.

Segundo Wang et al. [29], a tecnologia *blockchain* pode aprimorar as comunicações de informações em tempo real entre os diferentes *stakeholders* e proporcionar uma melhoria na eficiência do gerenciamento da cadeia de suprimentos através do compartilhamento de informações entre os participantes, controle em tempo real da programação e rastreabilidade da informação.

As características da *blockchain* conseguem garantir a segurança nos registros de dados e, portanto, pode ser aditável em quaisquer etapas, seja na fase de projeto, construção ou mesmo em fases de reabilitação. Nesta última fase, esses registros podem ser cruciais para identificar com maior precisão uma patologia presente na edificação.

Questão número 3: “Qual é a fornecedora da *blockchain*, tipo de rede que é utilizada?”.

A resposta do entrevistado:

“Por uma questão de cultura decidimos por uma plataforma de código aberto, por questões de segurança, custo e cultura dos clientes decidimos por *blockchain* permissionário. Nossa opção foi utilizar a tecnologia Multichain.”

Na utilização de uma rede permissionária, segundo Yang et al.[8], é possível criar canais separados para interações e diferentes partes interessadas podem ter acesso ao canal. Porém, este ainda é controlado pelas autoridades de certificação e pelas autorizações baseadas em criptografia. Na arquitetura desta rede, é possível definir diferentes níveis hierárquicos como, e.g., em um dos estudos de caso analisado pelo autor foram definidas seis principais partes interessadas: Arquiteto (R1), Fornecedor (R2), Engenheiro (R3), Cliente (R4), Agrimensor de construção (R5) e Planejador da cidade (R6) e além dessas principais partes interessadas, uma organização de serviços de pedidos (*Orderer* que é a controladora central da rede) e um independente Observador foram definidos. Devido à natureza permissionária da rede, pode haver comunicações entre níveis que outros não terão acesso, como por exemplo uma comunicação entre R1 e R2, onde o restante da rede não poderá ver, no entanto para garantir a transparência, pode ser adicionado um observador à comunicação.

Nawari e Ravindran [5] destacam que a infraestrutura da rede *blockchain* pode ser dividida em duas camadas de código: *Fabric layer* e *Application layer*, onde a primeira consiste em: “...base de código da *blockchain* real, protocolos de comunicação, infraestrutura de chave pública, estruturas de dados para manutenção de banco de dados, pertence aos desenvolvedores e não pode ser alterada”. A segunda camada: “É controlada coletivamente pelos participantes que implementam o código na rede *blockchain* quando está operacional. Qualquer participante que possua acesso e controle do código implementado pode gravar a camada do aplicativo.” Nawari e Ravindran [5] destacam que “...estes sistemas fornecem a execução segura de trocas e validação de dados BIM por meio de mecanismos de privacidade e confiança, em um processo seguro que facilita transações rápidas e robustas. A interconectividade aplicada criptograficamente nas aplicações *blockchain* promove a estabilidade e a segurança dos livros distribuídos.”

Com a crescente procura por ativos digitais, houve também uma explosão de ofertas de criptomoedas, provocando também o surgimento de diversas *blockchains*, esse efeito cascata acabou por tornar mais difícil a escolha da melhor opção de uma *blockchain*. Portanto,

a escolha do tipo de rede realizado pela empresa pode ser explicada pelas indicações presentes na literatura.

Questão número 4: “Foi necessário realizar formação na equipa para trabalhar com a tecnologia?”.

A resposta do entrevistado:

“Sim, antes de implantar a equipe aprendeu a tecnologia e nos capacitamos como parceiros de implantação. Nossa implantação foi o primeiro case.”

Qualquer mudança ou implementação de uma tecnologia exige um amadurecimento sobre o assunto conforme foi visto com as propostas e projetos para adoção do BIM, por isso é natural que haja treinamentos e aperfeiçoamentos da equipa para criar uma familiarização com a ferramenta e diminuir a possibilidade de erros. A *blockchain*, por ser uma tecnologia baseada em códigos logarítmicos, necessita de um conhecimento prévio de informática tanto para inserir informações, quanto para retirar dados fornecidos pela tecnologia. Hunhevicz et al. [37] afirmam que a usabilidade da infraestrutura *blockchain* precisa de um nível de amadurecimento para proteger as partes interessadas de erros ao configurar e interagir com os contratos.

O próximo tema a ser abordado no questionário foi sobre “A tecnologia” e possui 5 perguntas.

Questão número 5: “Quais são os processos para implementar esta tecnologia?”

A resposta do entrevistado:

“Processo de auditoria da plataforma de colaboração, cada cliente/projeto tem uma configuração diferente.”

Apesar do projeto finalizado poder ter uma utilização semelhante a outros, cada projeto possui especificidades únicas durante as diversas fases de desenvolvimento, portanto, a plataforma de colaboração deve atender as demandas destes projetos. Dounas, Lombardi, e Jabi [39], explicam que a configuração de cada plataforma individualmente confere credibilidade aos resultados produzidos, uma plataforma *blockchain* pode ser usada para ter registos de maneira “imutável e resiliente”. Devido ao seu potencial de transparência dos dados, a estrutura é capaz de registar todas as tentativas de *design*, incluindo aquelas que falharam e todas as etapas positivas para a otimização do *design*. Eles mostram desta maneira a contribuição de cada participante, pela característica do *blockchain* atuar como registos permanentes do processo.

Estas características podem contribuir significativamente para o aperfeiçoamento dos processos, tanto na fase de projetos quanto na parte de gestão do empreendimento, bem como, nas melhorias dos projetos.

Questão número 6: “Quais são as vantagens e as desvantagens mais perceptíveis?”

A resposta do entrevistado:

“A vantagem é a criação de um layer adicional para a auditoria com todas as características do blockchain, a desvantagem é o custo, sempre questão sensível no mercado que atuamos, porém dentro de nossa visão insignificante perto dos valores do projeto e do aumento de segurança de informação associada a adoção da tecnologia.”

As diferentes camadas que podem ser criadas no *blockchain*, através de diferentes funções determinadas aos usuários, conforme Zhong et al. [20], exemplificam em sua investigação no estudo de caso realizado para apoiar o monitoramento do ambiente de construção no local através da coleta de dados pelos sensores de *IoT*, que no sistema quatro participantes estão envolvidos: a governança que atua como o par do ordenador, o proprietário, o contratante e o supervisor. Cada participante tem uma função específica informada nas configurações desse sistema, que podem ser a gestão dos dados, monitoramento e auditoria.

Em relação aos custos, Hunhevicz, Motie, e Hall [37] realizaram um estudo de caso em que houve a dependência de cripto-moedas como o *Ethereum* para realizar pagamentos de taxas para execução de contratos inteligentes na rede, e os custos podem sofrer tanto com a volatilidade dos preços dos ativos, quanto com as taxas de congestionamento da rede, resultando em altos preços das taxas. Por esses motivos o autor propõe que a utilização de rede privadas pode ser mais interessante para os registros de dados.

Questão número 7: “Existe algum projeto onde esteja a ser usado a *blockchain* integrada ao BIM?”

A resposta do entrevistado:

“Ainda não, mas já em discussão. Na realidade a maioria dos empreendimentos desenvolvidos em BIM ainda estão na fase de projeto, poucos em construção. Nós temos a plataforma pronta para uso, o ID dos objetos são as chaves de indexação das informações dentro da cadeia *blockchain*.”

Com o avanço na integração de modelos digitais com sensores *IoT* para obtenção de dados e a realização de simulações de desempenho dos empreendimentos, e.g., Hunhevicz, Motie, e Hall [37] destacam que são coletados dois tipos de dados: dados dinâmicos e

estáticos. Dados dinâmicos referem-se ao fluxo constante de dados obtidos pelos sensores. Dados estáticos referem-se a todos os outros dados criados por partes interessadas humanas, principalmente nos modelos digitais de BIM e são armazenados em *blockchain*.

O registo destes dados torna possível a verificação de todas as etapas de vida de um empreendimento; da conceção dos projetos, passando pela execução e manutenção, podendo ser aditável quando houver a presença de alguma patologia na construção em qualquer uma das etapas. Inclusive como cada objeto está vinculado a um ID único na rede, é mais fácil identificar possíveis falhas, tanto de projeto quanto de execução.

Questão número 8: “Se não fosse usado *Blockchain*, qual seriam as outras formas de fazer este processo?”

A resposta do entrevistado:

“Elas já aconteciam, e acontecem em paralelo, da forma tradicional através dos logs de sistema e infraestrutura. A fragilidade é que em caso de invasão são justamente estes logs que os hackers costumam apagar para não deixar rastros, com *blockchain* isto fica sendo impossível.”

Fragilidade, roubo de dados e *hacker* estão associados a *cybersecurity*, Turk et al. [27], propõem uma estrutura para resolver desafios específicos na área da construção e são 3 nomeadamente:

- O processo dinâmico e sobreposto e os limites organizacionais no estágio de design;
- As informações de design expostas;
- A vulnerabilidade das informações de controle do ambiente construído, particularmente as infraestruturas críticas.

Hammi e Bouras apud Turk et al.[27], sugerem a inclusão da segurança cibernética e *blockchain* como parte do currículo do BIM, como forma de evitar esses ataques.

Questão número 9: “Qual foi o tempo necessário para ajustar a ferramenta às políticas da empresa?”

A resposta do entrevistado: “Tema que não se aplicou em nosso caso.”

O próximo tema a ser abordado no questionário foi sobre “Indicadores” e possui 4 perguntas, iniciando pela:

Questão número 10: “Quais são os indicadores de desempenho que a empresa utiliza para monitorizar o sucesso da utilização do *blockchain*?”

A resposta do entrevistado:

“Não faz muito sentido em nosso caso pois trata-se de tecnologia que incorporamos a plataforma.”

As próximas perguntas do questionário foram:

Questão número 11: “É possível retirar uma amostra estatística de gestão?”

Questão número 12: “Existe algum indicador que compare o uso da tecnologia com métodos convencionais?”

Para as duas questões anteriores (11 e 12), não houve resposta do entrevistado.

Questão número 13: “Qual é a quantidade de projetos geridos na rede?”

A resposta do entrevistado:

“Atualmente temos metade dos projetos sendo auditados com *blockchain*, porém poucos clientes já entendem o conceito e usam nossa interface de consulta para fins práticos. Não é algo que nos preocupa pois acreditamos no ditado “o seguro morreu de velho”.”

Complementar a essa resposta, Lee et al. [12] explicam como funciona o mecanismo que não permite a possibilidade de outros nós compartilharem informações incorretas nos blocos da *blockchain*. Conforme Lee et al. explica, esse mecanismo não permite que nós com blocos modificados façam parte do mecanismo de consenso. Esse tipo de configuração da rede ajuda a garantir que todos os nós da rede *blockchain* estejam sincronizados e que suas transações sejam verificadas, mesmo quando alguns dos nós não possuem uma assinatura válida, permitindo desta forma que todo o processo seja aditável.

Além disso Teisserenc e Sepasgozar [38] também complementam que é criada uma trilha das informações do projeto que pode ser aditável devido às características imutáveis da rede *blockchain* garantindo assim que a integridade dos dados do projeto sejam mantidos e preservados em um repertório confiável.

O próximo tema a ser abordado no questionário foi sobre “Clientes” e possui 2 perguntas.

Questão número 14: “Como foi o contacto dos clientes com a tecnologia?”

A resposta do entrevistado:

“A grande maioria ouve, tem acesso, mas não busca explorar. Normalmente com o tempo, provavelmente depois de ouvir mais sobre o tema, revisita passa a entender e se apropriar.”

Alinhado a esse tema de adoção de novas tecnologias, Papadonikolaki, Morgan, e Papachristos [40] explicam como e quais foram as fases de amadurecimento para introduzir novas tecnologia em megaprojetos na construção civil no Reino Unido.

- Primeira fase, são adotadas tecnologias digitais para aprimorar processos de design e comunicação nas cadeias de suprimentos na construção, para que a produção e entrega no local de projetos completos sejam feitas com erros mínimos. A adoção incremental de tecnologias nas práticas existentes de projeto e construção se assemelha à reconfiguração caminho em que as inovações são adotadas de maneira simbiótica em um regime para resolver problemas locais, no caso os desafios que os atores de megaprojetos individuais enfrentam. Esse processo desencadeia posteriormente ajustes adicionais na arquitetura básica do regime.
- Segunda fase possui elementos de transformação caminho, como as inovações ainda estão sendo desenvolvidas e refinadas e, paralelamente, os atores do regime modificam a direção de desenvolvimento de suas capacidades para alinhá-las aos novos padrões aos quais devem aderir. Isso ocorre em parte porque as tecnologias não eram endêmicas da construção. Os operadores do setor se envolvem com fornecedores de software no desenvolvimento de tecnologias digitais e com iniciativas governamentais no desenvolvimento de padrões relevantes do setor.
- Terceira fase possui elementos de substituição caminho em que as soluções BIM estão disponíveis para os atores do setor e são desenvolvidas de maneira suficiente e específica para suas necessidades. Na medida em que os atores comprometam os recursos necessários, o BIM pode potencialmente substituir completamente a indústria de práticas e processos anteriores que os atores possuem em suas cadeias de suprimentos de construção.

Estes processos são demorados e demandam muitos estudos e esforços por parte dos atores envolvidos. O processo estudado pelos autores teve início em 1998 e segue até os dias atuais. A natureza de grande escala dos megaprojetos amplia os problemas de coordenação e desempenho devido à fragmentação do setor e intensifica as tensões dos parceiros, segundo Papadonikolaki, Morgan, e Papachristos [40], portanto, evidencia a necessidade de maior atenção por parte dos gestores e a adaptabilidade com o passar do tempo.

Questão número 15: “Teve algum tipo de resistência ou medo de usar a tecnologia?”

A resposta do entrevistado:

“Resistência não, tão pouco medo. O que ocorre é a falta de entendimento da necessidade, da compreensão, muitos nos questionando se não temos segurança suficiente, se aconteceu algo para “inventarmos” algo como o *blockchain*.”

Alinhado à falta de entendimento da necessidade, Sheng et al.[34] argumentam que o ambiente na indústria da construção para a aplicação de *blockchain* ainda não foi formado. Atualmente, a maioria dos participantes ainda está à margem; a maior parte das investigações permanece em estágios conceituais, e os padrões técnicos e regulamentos de suporte invocados pela implementação tecnológica são escassos.

Possivelmente, a escassez de conhecimento acerca da inovação pode ser atribuída à relativa juventude da tecnologia *blockchain*, com apenas uma década de existência, especialmente quando comparada a outras tecnologias como o BIM, e.g. Além disso, a sua utilização no setor da construção civil pode também contribuir para essa limitação de compreensão, pois é ainda mais recente e não permitiu adquirir experiência suficiente.

O próximo tema a ser abordado no questionário foi sobre “Perguntas finais” e possui 3 perguntas, iniciando pela:

Questão número 16: “De acordo com a experiência até ao momento, quais são os conselhos a dar a outras empresas interessadas em adotar o sistema *blockchain* integrado ao BIM para melhorar os seus processos?”

A resposta do entrevistado:

“A adoção do BIM por si só é muito complexa, gera necessidade e inovação e mudanças que desafiam muito a maneira de ser e trabalhar das empresas do setor. Podemos dizer que o *blockchain* tem o mesmo potencial e características. Em ambos a questão básica é passar a ter o mindset de transformação digital, que não está associada a tecnologia, mas como pensar e montar uma estratégia nesta nova realidade. Tomar risco, aceitar o erro e saber pivotar entendo que são os maiores desafios para o setor.”

A implementação do conceito BIM percorreu várias fases de adaptação e, atualmente, possui uma adoção mais ampla, com regulamentações estabelecidas em diversos países, incluindo incentivos de várias áreas. Para a tecnologia *Blockchain*, o processo de adoção deve seguir uma trajetória semelhante. Será necessário conduzir estudos mais aprofundados que comprovem a eficácia desta tecnologia, identificar as suas características distintivas e determinar as áreas em que ela pode ser mais vantajosa e relevante. Wang et al. [29] sugere que um dos problemas para a adoção da tecnologia *blockchain* é devido a pouca idade do conceito na indústria da construção que acaba por gerar uma falta de conscientização e compreensão, e provocar insegurança aos participantes conservadores para aceitar a inovação

emergente. Além disso, pode haver uma certa resistência por parte de algumas empresas de construção em distribuir o acesso aos livros de negócios privados a todas as partes interessadas.

Questão número 17: “Se pudesse melhorar algum processo na tecnologia, qual seria?”

A resposta do entrevistado:

“Se conseguíssemos ter *blockchains* com a mesma agilidade de investigação/gravação dos sistemas comuns poderíamos pensar em bases de dados de projeto descentralizadas com todas as benesses da tecnologia.”

Assim como na questão 14, uma interface mais intuitiva poderia proporcionar uma maior interatividade e interesse dos usuários, de forma a apresentar informações mais simplificadas para os interessados. Segundo Hamledari e Fischer [14], e.g., um sistema habilitado com *blockchain* pode não ter uma grande visibilidade em consultas de informações altamente detalhada, caso seu fluxo de dados de progresso recebido não tenha o detalhamento necessário e forneça apenas visualizações agregadas de escopos de trabalho.

E a última questão, número 18, foi elaborada de forma a permitir o entrevistado fazer algum comentário: “Conclusões, pode fazer qualquer comentário que ache pertinente a investigação.”

A resposta do entrevistado:

“Na semana passada tivemos a 78 SOEA, muito pouco se falou sobre *blockchain*, sendo nossa a única palestra de aplicação na engenharia civil. De forma crítica considero que temos uma aplicação interessante, porém muito simples e limitada em relação ao potencial da tecnologia. Um excelente primeiro passo, mas um primeiro passo, sendo este o único exemplo em uma semana nacional de engenharia.

Podemos ver isto de forma pessimista ou otimista, ver o copo meio vazio ou meio cheio. Prefiro vê-lo meio cheio.

O governo anunciou que haverá um expressivo investimento público em infraestrutura, tivemos no passado inúmeros casos de corrupção e desvios em investimentos desta natureza, um tipo de aplicação simples como a nossa pode ser a oportunidade de evitar que se repita. Alguns me dizem que isto é “uma viagem”, mas esta é a nossa motivação, usar a tecnologia para um bem maior, no *blockchain* eu vejo esta relação muito bem demonstrada.”

Por fim, existe ainda um certo receio quanto a adoção da tecnologia muitas vezes pela associação direta com o universo das cripto-moedas e a fraudes, mas que apesar de ter a mesma tecnologia como base, são coisas diferentes. A necessidade por mais segurança na rede com a crescente procura pela digitalização de ativos é evidente, e a tecnologia *blockchain*

é apresentada como uma alternativa para suprir essa necessidade graças às suas características.

O crescente interesse de governos também pode ser um fator crucial que impulsiona a pesquisa e o desenvolvimento nessa área para encontrar formas de simplificar e de usar a tecnologia *blockchain* nas mais diversas áreas do conhecimento, uma vez que os governos podem influenciar significativamente a adoção e a regulamentação dessa tecnologia.

A seguir é apresentado um quadro com o resumo da comparação entre as percepções com BIM e com BIM integrado ao *Blockchain*.

	Apenas BIM	BIM integrado a <i>Blockchain</i>
Registos	Podem ser alterados	Registos inalteráveis
Adaptação	Necessário maturidade	Necessário maturidade
Segurança	Logs de usuários	Registos permanentes
Interface	Desenvolvedores dos softwares	No momento ainda não tão intuitiva, por ser tecnologia nova
Trabalhabilidade	Gravação rápida de dados	Gravação de dados atualmente ainda mais trabalhosa do que nos softwares tradicionais
Custos	Licenças dos softwares	Licenças dos softwares + registos

Figura 12 – Quadro resumo

6. Conclusões

6.1 Introdução

O presente capítulo tem como principal objetivo sintetizar as diversas linhas do conhecimento exploradas no estudo. Ao longo desta pesquisa realizamos uma análise minuciosamente apresentando no capítulo 2 as publicações encontradas nas bases de dados e posteriormente a fundamentação teórica. No capítulo 3 é apresentado o contexto da uma *blockchain* e suas aplicações. No capítulo 4 é apresentada a metodologia da pesquisa e posteriormente no capítulo 5 é apresentado um estudo de caso juntamente com a triangulação dos dados em relação a revisão sistemática da literatura. A seguir é apresentado as conclusões gerais e sugestão de pesquisas posteriores pertinentes ao tema.

6.2 Conclusões gerais

As aprendizagens provenientes deste trabalho, juntamente com aquelas discutidas ao longo do seu desenvolvimento, oferecem respostas à questão central de pesquisa: "Qual é a contribuição potencial da tecnologia *blockchain* para a segurança de dados na indústria da construção civil?" Este estudo demonstra que devidos as suas características como imutabilidade e transparência a tecnologia é viável para ser usada nos processos de gestão na construção civil, apesar dos desafios existentes. O interesse crescente por parte dos governos e as pesquisas que comprovam sua eficácia na segurança dos registros de dados indicam que a tecnologia possui potencial de ajudar nos processos. Portanto, há perspectivas positivas para sua regulamentação e uma maior adoção no setor.

A realização da revisão sistemática revelou que existem muitos estudos e iniciativas com aplicação direta da tecnologia em diversos países, com objetivo de melhorar os processos gerenciais, mas ainda assim carece de mais estudos para demonstrar a real eficácia e para aperfeiçoar a tecnologia. Para colher todos os benefícios de outras tecnologias inovadoras, a *blockchain* já tem sido associada ao BIM e ao *IoT* em muito estudos, atuando principalmente

como uma camada de segurança *back-end*, devido as suas características que podem fornecer benefícios de visibilidade, transparência e imutabilidade.

Alinhada à literatura, o estudo de caso de uma empresa como foco, forneceu informações edificantes sobre os processos e a forma de adoção dessa tecnologia emergente nesta empresa, bem como os desafios que ela precisa enfrentar para ser cotada como uma opção viável, as possíveis etapas necessárias para utilização da tecnologia e também proporcionando a visão de um entrevistado que possui muito conhecimento na área e uma vasta experiência em relação à tecnologia *blockchain*.

Portanto, muito além dos sistemas de pagamentos, a tecnologia *blockchain* pode ser usada de outras formas, principalmente integrada ao BIM, e.g. através do registro inalterável das atividades possibilitando auditorias, para obter melhores resultados e uma aplicabilidade mais ampla, preenchendo a lacuna de segurança existente neste conceito que vem tendo uma adoção crescente, e conseqüentemente um aumento na quantidade de dados inseridos nos *softwares* de gestão, na indústria da construção civil.

6.3 Sugestões de trabalhos futuros

- Testar o funcionamento de uma *blockchain* com a inserção de contratos
- Analisar o comportamento da *blockchain* em diferentes níveis de integração com BIM.
- Analisar os benefícios na adoção da *blockchain* na gestão apenas de dados, na construção civil integrado com o BIM.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Toffler, *O choque do futuro*. Rio de Janeiro: Editora Record, 1970.
- [2] S. Nakamoto, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.”, 2008, Acesso em: 21 de abril de 2022. [Online]. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [3] D. Tapscott e A. Tapscott, *Blockchain Revolution: como a tecnologia por trás do Bitcoin está mudando o dinheiro, os negócios e o mundo*. São Paulo: SENAI-SP, 2016.
- [4] K. Nobels, “Tecnologia Digital em Construção.”, *Revista M&T*, 2019.
- [5] N. O. Nawari e S. Ravindran, “Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and applications in post-disaster recovery”, *Buildings*, vol. 9, n° 6, 2019, doi: 10.3390/BUILDINGS9060149.
- [6] K. E. Magalhães, “Modelos de negócios: Um estudo sobre o impacto da blockchain”, *Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo*, 2019.
- [7] M. Swan, *Blockchain: blueprint for a new economy*, 1° ed. Sebastopol: O’reilly., 2015.
- [8] R. Yang *et al.*, “Public and private blockchain in construction business process and information integration”, *AUTOMATION IN CONSTRUCTION*, vol. 118, out. 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103276.
- [9] V. Ciotta, G. Mariniello, D. Asprone, A. Botta, e G. Manfredi, “Integration of blockchains and smart contracts into construction information flows: Proof-of-concept”, *Automation in Construction*, vol. 132, p. 103925–103925, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103925.
- [10] L. Ribeiro e O. Mendizabal, “Introdução à Blockchain e Contratos Inteligentes”, 2021, [Online]. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/221495>
- [11] R. Zheng, J. Jiang, X. Hao, W. Ren, F. Xiong, e Y. Ren, “bcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud”, *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2019, p. 5349538, mar. 2019, doi: 10.1155/2019/5349538.
- [12] D. Lee, S. H. Lee, N. Masoud, M. S. Krishnan, e V. C. Li, “Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects”, *Automation in Construction*, vol. 127, p. 103688–103688, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103688.
- [13] B. N. João, “Blockchain e o potencial de novos modelos de negócios: um mapeamento sistemático”, *Revista de Gestão e Projetos*, vol. 9, n° 3, dez. 2018, doi: 10.5585/gep.v9i3.11121.
- [14] H. Hamledari e M. Fischer, “Measuring the impact of blockchain and smart contracts on construction supply chain visibility”, *Advanced Engineering Informatics*, vol. 50, p. 101444–101444, 2021, doi: 10.1016/j.aei.2021.101444.
- [15] E. L. da Silva e E. M. Menezes, *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.*, 4° ed. Santa Catarina, 2005. [Online]. Disponível em: https://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes1.pdf
- [16] R. K. Yin, *Estudo de caso: planejamento e métodos.*, 2° ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. [Online]. Disponível em: http://maratavarespsictics.pbworks.com/w/file/attach/74304716/3-YIN-planejamento_metodologia.pdf.

- [17] A. Ramos, P. M. Faria, e Á. Faria, “Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação”, *Revista Diálogo Educacional*, vol. 14, nº 41, p. 17–36, jul. 2014, doi: 10.7213/dialogo.educ.14.041.DS01.
- [18] J. G. dos Santos, “Construção 4.0: Um diagnóstico do uso de tecnologia da informação em construtoras da grande Florianópolis.”, *Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Civil.*, 2021, [Online]. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228573>
- [19] K. Schwab, *A quarta revolução industrial / Klaus Schwab; tradução, Daniel Moreira Miranda*, São Paulo: Edipro. São Paulo, 2016.
- [20] B. Zhong, J. Guo, L. Zhang, H. Wu, H. Li, e Y. Wang, “A blockchain-based framework for on-site construction environmental monitoring: Proof of concept”, *Building and Environment*, vol. 217, p. 109064–109064, 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109064.
- [21] F. Muñoz-La Rivera, J. Mora-Serrano, I. Valero, e E. Oñate, “Methodological-Technological Framework for Construction 4.0”, *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, nº 2, p. 689–711, mar. 2021, doi: 10.1007/s11831-020-09455-9.
- [22] L. Sato, “A evolução das técnicas construtivas em São Paulo: residências unifamiliares de alto padrão.”, *Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo*, 2011, doi: 10.11606/D.3.2011.tde-11082011-140108.
- [23] CBIC, “Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadora. Volume 1”, 2018.
- [24] L. C. B. de B. Mello e S. R. L. de Amorim, “O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos”, *Production*, vol. 19, nº 2, p. 388–399, 2019, doi: 10.1590/S0103-65132009000200013.
- [25] S. S. Gosch, “Gestão da inovação em empresa construtora : proposta para estruturação de um processo”, *Escola Politécnica, Universidade de São Paulo*, 2016, doi: 10.11606/D.3.2016.tde-24062016-154246.
- [26] W. Leite, “Cinco tecnologias que estão revolucionando a construção civil. Indústria 4.0”, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19642-cinco-tecnologias-que-estaorevolucionando-a-construcao-civil> Acesso em: 19 abril 2022
- [27] Z. Turk, B. G. de Soto, B. R. K. Mantha, A. Maciel, e A. Georgescu, “A systemic framework for addressing cybersecurity in construction”, *AUTOMATION IN CONSTRUCTION*, vol. 133, jan. 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103988.
- [28] M. Pastore, “Como o metaverso pode ser utilizado na construção civil? A virtualização de obras permite compreender o projeto, corrigir problemas e analisar histórico. Massa cinzenta – Cooperação na forma de informação.”, 2022. [Online]. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/como-o-metaverso-pode-ser-utilizado-na-construcao-civil/?utm_source=newsmassacinzenta&utm_medium=email&utm_campaign=como-o-metaverso-pode-ser-utilizado-na-construcao-civil%2F&utm_term=post_21&utm_content=Mai_semana_1em
- [29] Z. Wang, T. Wang, H. Hu, J. Gong, X. Ren, e Q. Xiao, “Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction”, *Automation in Construction*, vol. 111, p. 103063–103063, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2019.103063.
- [30] B. C. Francisco e A. N. Haddad, “Gestão de Contratos na Construção Civil”, *Revista Vértices*, vol. 4, nº 1, p. 17–23, maio 2010, doi: 10.5935/1809-2667.20020003.

-
- [31] A. B. Oliveira e M. Giacaglia, “Collaborative or adversarial production and BIM: a method for better understanding of contracting types, based on BPMN”, nov. 2018. doi: 10.5151/sigradi2018-1663.
- [32] C. Ramos, “Gestão de contratos: a importância e benefícios dos contratos. Dissertação Trabalho Conclusão do Curso - . Departamento de Engenharia Civil.”, *Universidade do Sul de Santa Catarina*, 2021, [Online]. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/18038>
- [33] L. M. F. de Moura, D. F. Brauner, e R. Janissek-Muniz, “Blockchain e a Perspectiva Tecnológica para a Administração Pública: Uma Revisão Sistemática”, *Revista de Administração Contemporânea*, vol. 24, nº 3, p. 259–274, maio 2020, doi: 10.1590/1982-7849rac2020190171.
- [34] D. Sheng, L. Ding, B. Zhong, P. E. D. Love, H. Luo, e J. Chen, “Construction quality information management with blockchains”, *Automation in Construction*, vol. 120, p. 103373–103373, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103373.
- [35] M. J. L. Venâncio, “Avaliação da Implementação de BIM – Building Information Modeling em Portugal.”, 2015, [Online]. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/79329>
- [36] A. de S. A. Luiz, “Transformação digital na construção civil: um estudo sobre o potencial do BIM na estratégia de digitalização na indústria da construção”, *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, 2021, [Online]. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30702>
- [37] J. J. Hunhevicz, M. Motie, e D. M. Hall, “Digital building twins and blockchain for performance-based (smart) contracts”, *AUTOMATION IN CONSTRUCTION*, vol. 133, jan. 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103981.
- [38] B. Teisserenc e S. Sepasgozar, “Project Data Categorization, Adoption Factors, and Non-Functional Requirements for Blockchain Based Digital Twins in the Construction Industry 4.0”, *BUILDINGS*, vol. 11, nº 12, dez. 2021, doi: 10.3390/buildings11120626.
- [39] T. Dounas, D. Lombardi, e W. Jabi, “Framework for decentralised architectural design BIM and Blockchain integration”, *International Journal of Architectural Computing*, vol. 19, nº 2, p. 157–173, 2021, doi: 10.1177/1478077120963376.
- [40] D. E. Papadonikolaki, D. B. Morgan, e D. G. Papachristos, “Megaprojects as niches of sociotechnical transitions: The case of digitalization in UK construction”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol. 48, p. 100728–100728, 2023, doi: 10.1016/j.eist.2023.100728.
- [41] A. C. Gil, *Como elaborar projetos de pesquisa.*, vol. 6. ed. Atlas, São Paulo, 2017.
- [42] A. J. Severino, *Metodologia do trabalho científico.*, vol. 23. São Paulo: Cortez, 2007.
- [43] A. Cervo, P. Bervian, e R. Silva, *Metodologia científica.*, 6º ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.
- [44] D. Bonat, *Metodologia da Pesquisa. Debora Bonat. IESDE Brasil S. A.*, 3. ed. Curitiba, 2009.
- [45] M. de A. Marconi e E. M. Lakatos, *Fundamentos de metodologia científica.*, 5º ed. Atlas, São Paulo, 2003.

ANEXO A – LISTA DE ARTIGOS IDENTIFICADOS NAS BD COM A REVISÃO SISTEMÁTICA

	Referência
1	Li, C.Z, Chen, Z., Xue, F., Kong, X.T.R., Xiao, B., Lai, X., Zhao, Y.; "A blockchain- and IoT-based smart product-service system for the sustainability of prefabricated housing construction", <i>Journal of Cleaner Production</i> , Volume 286, 2021, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125391 .
2	Zhong, B., Guo, J., Zhang, L., Wu, H., Li, H., Wang, Y.; "A blockchain-based framework for on-site construction environmental monitoring: Proof of concept", <i>Building and Environment</i> , Volume 217, 2022, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109064 .
3	Saygili, M., Mert, I. E., Tokdemir, O. B.; "A decentralized structure to reduce and resolve construction disputes in a hybrid blockchain network", <i>Automation in Construction</i> , Volume 134, 2022, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104056 .
4	Xue, F. Lu, W.; "A semantic differential transaction approach to minimizing information redundancy for BIM and blockchain integration", <i>Automation in Construction</i> , Volume 118, 2020, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103270 .
5	Pattini, G. Giuda, G.M. Di. Tagliabue, L. C. "Blockchain application for contract schemes in the construction industry" <i>Proceedings of International Structural Engineering and Construction</i> . https://doi.org/10.14455/ISEC.res.2020.7(1).AAE-21
6	Ahmadisheykhsarmast, S., Sonmez, R.; "A smart contract system for security of payment of construction contracts", <i>Automation in Construction</i> , Volume 120, 2020, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103401 .
7	Turk, Ž., Soto, B. G. de, Mantha, B.R.K., Maciel, A., Georgescu, A.; "A systemic framework for addressing cybersecurity in construction", <i>Automation in Construction</i> , Volume 133, 2022, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103988 .
8	Lokshina, I.V., Greguš, M., Thomas, W.L.; "Application of Integrated Building Information Modeling, IoT and Blockchain Technologies in System Design of a Smart Building", <i>Procedia Computer Science</i> , Volume 160, 2019, https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.058 .
9	Sonmez, R., Ahmadisheykhsarmast, S., Güngör, A.A.; "BIM integrated smart contract for construction project progress payment administration", <i>Automation in Construction</i> , Volume 139, 2022, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104294 .
10	Nawari, N.O., Ravindran, S.; "Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery". <i>Buildings</i> 2019, 9, 149. https://doi.org/10.3390/buildings9060149
11	Bakhtiarizadeh E, Shahzad WM, Poshdar M, Khalfan M, Rotimi JOB. "Blockchain and Information Integration: Applications in New Zealand's Prefabrication Supply Chain". <i>Buildings</i> . 2021; 11(12):608. https://doi.org/10.3390/buildings11120608
12	Hamledari, H., Fischer, M., "Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies", <i>Automation in Construction</i> , Volume 132, 2021, 103926, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103926 .
13	Wang, Z., Wang, T., Hu, H., Gong, J., Ren, X., Xiao, Q.; "Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction", <i>Automation in Construction</i> , Volume 111, 2020, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103063 .
14	Mantha, B., Soto, B. G., Karri, R., "Cyber security threat modeling in the AEC industry: An example for the commissioning of the built environment", <i>Sustainable Cities and Society</i> , Volume 66, 2021, 102682, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102682 .

15	Kochovski, P., Stankovski, V.; "Building applications for smart and safe construction with the DECENTER Fog Computing and Brokerage Platform", <i>Automation in Construction</i> , Volume 124, 2021, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103562 .
16	Liu, Z., Jiang, L., Osmani, M., Demian, P.; "Building Information Management (BIM) and Blockchain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework". <i>Electronics</i> 2019, 8, 724. https://doi.org/10.3390/electronics8070724
17	Tao, X., Liu, Y., Wong, P. K.-Y., Chen, K., Das, M., Cheng, J.C.P.; "Confidentiality-minded framework for blockchain-based BIM design collaboration", <i>Automation in Construction</i> , Volume 136, 2022, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104172 .
18	Sheng, D., Ding, L., Zhong, B., Love, P.E.D., Luo, H., Chen, J.; "Construction quality information management with blockchains", <i>Automation in Construction</i> , Volume 120, 2020, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103373 .
19	Hunhevicz, J.J., Motie, M., Hall, D.M.; "Digital building twins and blockchain for performance-based (smart) contracts", <i>Automation in Construction</i> , Volume 133, 2022, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103981
20	Tao, X., Das, M., Liu, Y., Cheng, J.C.P.; "Distributed common data environment using blockchain and Interplanetary File System for secure BIM-based collaborative design", <i>Automation in Construction</i> , Volume 130, 2021, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103851 .
21	Shojaei, A., Ketabi, R., Razkenari, M., Hakim, H., Wang, J.; "Enabling a circular economy in the built environment sector through blockchain technology", <i>Journal of Cleaner Production</i> , Volume 294, 2021, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126352 .
22	Lu, W., Li, X., Xue, F., Zhao, R., Wu, L., Yeh, A.G.O.; "Exploring smart construction objects as blockchain oracles in construction supply chain management", <i>Automation in Construction</i> , Volume 129, 2021, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103816 .
23	Xiao, J., Zhang, W., Zhong, R. Y., "Blockchain-enabled cyber-physical system for construction site management: A pilot implementation", <i>Advanced Engineering Informatics</i> , 2023, ISSN 1474-0346, https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102102 .
24	Dounas T., Lombardi D., Jabi W.; "Framework for decentralised architectural design BIM and Blockchain integration". <i>International Journal of Architectural Computing</i> . 2021;19(2):157-173. doi:10.1177/1478077120963376
25	Elghaish, F. , Hosseini, M. R., Matarneh, S., Talebi, S., Wu, S., Martek, I., Poshdar, M., Ghodrati, N., "Blockchain and the 'Internet of Things' for the construction industry: research trends and opportunities, <i>Automation in Construction</i> ", 2021, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103942 .
26	Lee, D., Lee, S.H., Masoud, N., Krishnan, M.S., Li, V.C.; "Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects", <i>Automation in Construction</i> , Volume 127, 2021, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103688 .
27	Elghaish, F., Abrishami, S., Hosseini, M.R.; "Integrated project delivery with blockchain: An automated financial system", <i>Automation in Construction</i> , Volume 114, 2020, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103182 .
28	Ciotta, V., Mariniello, G., Asprone, D., Botta, A., Manfredi, G.; "Integration of blockchains and smart contracts into construction information flows: Proof-of-concept", <i>Automation in Construction</i> , Volume 132, 2021, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103925 .
29	Hamledari, H., Fischer, M.; "Measuring the impact of blockchain and smart contracts on construction supply chain visibility", <i>Advanced Engineering Informatics</i> , Volume 50, 2021, https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101444 .
30	Papadonikolaki, Dr E., Morgan, Dr B., Papachristos, Dr G.; "Megaprojects as niches of sociotechnical transitions: The case of digitalization in UK construction", <i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i> , Volume 48, 2023, https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100728 .

31	Liu Z, Wu T, Wang F, Osmani M, Demian P. "Blockchain Enhanced Construction Waste Information Management: A Conceptual Framework". Sustainability. 2022; 14(19):12145. https://doi.org/10.3390/su14191214
32	Álvarez, A.P., Ordieres-Meré, J., Loreiro, Á.P., Marcos, L. de; "Opportunities in airport pavement management: Integration of BIM, the IoT and DLT", Journal of Air Transport Management, Volume 90, 2021, https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101941 .
33	Teisserenc, B., Sepasgozar, S.; "Project Data Categorization, Adoption Factors, and Non-Functional Requirements for Blockchain Based Digital Twins in the Construction Industry 4.0". Buildings 2021, 11, 626. https://doi.org/10.3390/buildings11120626
34	Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., Yang, X., Amarasinghe, G., Chen, S.; "Public and private blockchain in construction business process and information integration", Automation in Construction, Volume 118, 2020, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103276
35	Abanda F.H., Vidalakis C., Oti A.H., Tah J.H.M., "A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects, Advances in Engineering Software", Volume 90, 2015, ISSN 0965-9978, https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.08.009 .
36	Hamledari, H., Fischer, M.; "The application of blockchain-based crypto assets for integrating the physical and financial supply chains in the construction & engineering industry", Automation in Construction, Volume 127, 2021, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103711 .
37	Chapman, R. J., "A framework for examining the dimensions and characteristics of complexity inherent within rail megaprojects", International Journal of Project Management, Volume 34, Issue 6, 2016, ISSN 0263-7863, https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.05.001 .
38	Xiao, J., Zhang, W., Zhong, R. Y., "Blockchain-enabled cyber-physical system for construction site management: A pilot implementation", Advanced Engineering Informatics, 2023, ISSN 1474-0346, https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102102 .
39	Cheng, J. C.P., Liu H., Gan, V. J.L., Das, M., Tao, X., Zhou, S., "Construction cost management using blockchain and encryption", Automation in Construction, Volume 152, 2023, 104841, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104841 .
40	Ahmadisheykhsarmast, S., Golmohammadi Senji, S. G., Sonmez, R., "Decentralized tendering of construction projects using blockchain-based smart contracts and storage systems", Automation in Construction, Volume 151, 2023, 104900, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104900 .
41	Hijazi AA, Perera S, Alashwal AM, Calheiros RN. Developing a BIM Single Source of Truth Prototype Using Blockchain Technology. Buildings. 2023; 13(1):91. https://doi.org/10.3390/buildings13010091
42	Watson, A., "Digital buildings – Challenges and opportunities", Advanced Engineering Informatics, Volume 25, Issue 4, 2011, ISSN 1474-0346, https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.07.003 .
43	Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Holmström, J., "Direct digital construction: Technology-based operations management practice for continuous improvement of construction industry performance", Automation in Construction, Volume 107, 2019, 102910, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102910 .
44	Tao, X., Das, M., Zheng, C., Liu, Y., Wong, P.K., Xu, Y., Liu, H., Gong, X., Cheng, J.C.P., "Enhancing BIM security in emergency construction projects using lightweight blockchain-as-a-service", Automation in Construction, Volume 150, 2023, 104846, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104846 .
45	AlMuharraqi, M., Sweis, G., Sweis, R., Sammour, F., "Factors affecting the adoption of smart building projects in the Kingdom of Bahrain", Journal of Building Engineering, Volume 62, 2022, 105325, ISSN 2352-7102, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105325 .
46	H. Huang, X. Zeng, L. Zhao, C. Qiu, H. Wu and L. Fan, "Fusion of Building Information Modeling and Blockchain for Metaverse: A Survey," in IEEE Open Journal of the Computer Society, vol. 3, pp. 195-207, 2022, doi: 10.1109/OJCS.2022.3206494

47	Singh, A.K., Kumar, V.R.P., Dehdasht, G., Mohandes, S.R., Manu, P., Rahimian, F.P., "Investigating the barriers to the adoption of blockchain technology in sustainable construction projects", Journal of Cleaner Production, Volume 403, 2023, 136840, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136840 .
48	Wang, J., Shen, Y., Xiong, X. et al. Research on multi-person collaborative design of BIM drawing based on blockchain. Sci Rep 12, 16312 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-20321-5
49	Das, M., Luo, H., Cheng, J.C.P, "Securing interim payments in construction projects through a blockchain-based framework", Automation in Construction, Volume 118,2020,103284,ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103284 .
50	Tao, X., Wong, P.K., Xu, Y., Liu, Y., Gong, X., Zheng, C., Das, M., Cheng, J.C.P, "Smart contract swarm and multi-branch structure for secure and efficient BIM versioning in blockchain-aided common data environment", Computers in Industry, Volume 149,2023,103922, ISSN 0166-3615, https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103922 .
51	Čuš-Babič, N., Rebolj, D., Nekrep-Perc, M., Podbreznik, P., "Supply-chain transparency within industrialized construction projects", Computers in Industry, Volume 65, Issue 2,2014,Pages 345-353,ISSN 0166-3615, https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.12.003 .
52	Rausch, C., Talebi, S., Poshdar, M., Li, B., Schultz, C., "Tolerance management domain model for semantic enrichment of BIMs", Automation in Construction, Volume 141,2022,104394,ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104394 .
53	Pishdad-Bozorgi, P., Yoon, J.H., "Transformational approach to subcontractor selection using blockchain-enabled smart contract as trust-enhancing technology",Automation in Construction,Volume 142,2022,104538,ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104538 .