



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

DUÍLIO HELFENSTENS PENQUES DA SILVA

**TEORIA DA INTEGRAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS BIM E *BLOCKCHAIN*
PARA O CONTROLE DO REGISTRO AUTORAL NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

**PALMAS
2019**

DUÍLIO HELFENSTENS PENQUES DA SILVA

**TEORIA DA INTEGRAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS BIM E *BLOCKCHAIN*
PARA O CONTROLE DO REGISTRO AUTORAL NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel no Curso Superior de
Engenheiro Civil do Instituto Federal do
Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Prof. Dra. Elen O. Vianna

PALMAS

2019

SILVA, Duilio Helfenstens Penques da
Teoria da integração entre as tecnologias BIM e blockchain para o
controle do registro autoral na área da construção civil / Duilio
Helfenstens Penques da Silva. – Palmas, 2019
84 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, Campus
Palmas, 2019.

Orientadora: Prof. Dra. Elen O. Vianna

1. BIM 2. Colaboração 3. Direito Autoral 4. *Blockchain*. 5. *Ethereum*.
6. Notarização
I. Teoria da integração entre as tecnologias BIM e blockchain para o
controle do registro autoral na área da construção civil

FOLHA DE APROVAÇÃO

DUÍLIO HELFENSTENS PENQUES DA SILVA

TEORIA DA INTEGRAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS BIM E *BLOCKCHAIN* PARA O CONTROLE DO REGISTRO AUTORAL NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil
Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas,
como exigência à obtenção do grau em
Engenheiro Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Prof. Dra. Elen Oliveira Vianna
Presidente/Orientadora

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Avaliador 1

Prof. Dr. Virley Lemos de Souza
Avaliador 2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, Décio Penques da Silva (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe pelo esforço em me apoiar, pelo carinho, pelo lar, e pelos livros. Agradeço à minha vó Cida e minha tia Célia que, mesmo estando distantes, buscaram de alguma forma contribuir comigo nesta jornada. Agradeço à tia Marisa por sempre entrar em contato para saber se está tudo dando certo. Agradeço ao tio Jair por ser um bom exemplo, uma pessoa a me espelhar. Agradeço às minhas irmãs pela companhia e apoio.

Agradeço à linda Isabel por procurar participar, não negar meus inúmeros pedidos de ajuda, e por ser (muito) paciente.

Agradeço à Prof. Dra. Elen O. Vianna que, desde à minha candidatura ao intercâmbio, tem topado meus desafios. Este trabalho, aparentemente o derradeiro, alcançou tal patamar com sua ajuda estratégica.

Agradeço aos Professores Dr. Gilson M. Pedroso e Dr. Virley L. Souza pela solicitude ao julgar este trabalho, contribuindo pelo aperfeiçoamento do estudo. Agradeço ao Prof. Paulo S. Batista por apoiar a mim e alguns colegas para enfrentar os primeiros desafios ao participar de atividades extracurriculares. Agradeço a todos os amigos e colegas que buscaram me dar apoio, não somente neste trabalho, mas também durante a jornada de graduação.

Agradeço ao Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas pelo curso e infraestrutura, e ao seu colegiado, por me receber e ensinar durante estes anos. Também agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de intercâmbio concedida para o período de graduação sanduíche.

Por fim, agradeço à Deus por chegar até aqui, especialmente por me propiciar ser tão grato.

“O talento ganha jogos, mas o trabalho em equipe e a inteligência ganham campeonatos.”

Michael Jordan

RESUMO

SILVA, Duilio Helfenstens Penques da. **Teoria da integração entre as tecnologias BIM e *blockchain* para o controle do registro autoral na área da construção civil.** 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2019.

Este Trabalho de Conclusão de Curso descreve uma proposta para inserir a tecnologia *blockchain* no fluxo de trabalho de projetos com o uso da tecnologia BIM. Em contraste com a metodologia de desenvolvimento de projetos de última geração, a tecnologia BIM incentiva os profissionais a trocar informações em todas as etapas de um projeto. À medida que a adoção da tecnologia BIM evolui, preocupações relacionadas à confiança, autoria e responsabilidade começam a surgir. A tecnologia *blockchain* permite a gravação imutável de dados importantes. Esta pesquisa investigou a potencial integração entre as duas tecnologias (BIM e *blockchain*) a partir da simulação teórica de um fluxo de trabalho em tecnologia BIM com o uso de uma ferramenta notarial de código aberto baseada no protocolo *blockchain Ethereum*. O potencial custo operacional foi analisado e comparado a uma metodologia analógica com o emprego de atas notariais. Os resultados deste estudo mostraram que o software de *blockchain* escolhido pode ser usado na tecnologia BIM, e que a alta frequência de troca de informações em BIM pode afetar os custos operacionais. O valor desta pesquisa é divulgar uma solução relevante para a problemática de confiança, autoria e responsabilidade dentro da tecnologia BIM.

Palavras-chave: BIM. Colaboração. Direito Autoral. *Blockchain*. *Ethereum*. Notarização.

ABSTRACT

SILVA, Duilio Helfenstens Penques da. **Integration theory between BIM and blockchain technologies for the control of copyright registration in the AEC area.** 84 p. Undergraduate Degree Final Paper – Bachelor of Civil Engineering – Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2019.

This work, developed as a part of the requirements to obtain a Bachelor of Engineering degree in Civil Engineering, presents a proposal for integrating blockchain technology within the Building Information Modeling (BIM) technology designing workflow. In contrast to the last generation's projects development methodology, BIM technology strongly encourages professionals to exchange information in all stages of a project. As BIM technology adoption evolves, issues regarding to trust, authorship and accountability begin to arise. Blockchain technology allows an immutable registration of key data. This study investigated the potential integration between the two (BIM and blockchain) technologies by selecting and carrying out a theoretical simulation of a BIM workflow along with an open source notary tool based on Ethereum blockchain protocol. The potential operational cost was taken in consideration. This study's results showed that the chosen blockchain software can be used in BIM technology, and that the high frequency of information exchange in BIM might affect operational costs. The core value of this research is to present a potential solution to issues concerning trust, authorship and accountability within BIM technology.

Keywords: BIM. Collaboration. Copyright. Blockchain. Ethereum. Notarization.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA – American Institute of Architects

ASCE – American Society of Civil Engineers

BDS – Building Description System

BCG – Boston Consulting Group

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer-Aided Design

CAFM – Computer Aided Facility Management

CMMS – Computerized Maintenance Management System

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CPC – Código de Processo Civil

EY – Ernst & Young

IDM – Information Delivery Manual

IFC – Industry Foundation Classes

IFC4_ADD2 – Industry Foundation Classes, Version 4, Addendum 2

IoT – Internet of Things

LOD – Level of Development

MVD – Model View Definitions

NIBS – National Institute of Building Sciences

PoW – Proof of Work

PoS – Proof of Steak

PROCON – Superintendência de Proteção e Defesa do Consumidor

SSF – SystematicSearchFlow

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais benefícios do emprego da tecnologia BIM.....	18
Quadro 2 – Definições dos níveis de desenvolvimento.....	20
Quadro 3 – Ilustrações dos Níveis de Desenvolvimento de acordo com a BIMForum	21
Quadro 4 – Formatos oficiais de arquivo <i>IFC</i>	23
Quadro 5 – Relação dos tipos de MVD.....	24
Quadro 6 – Resumo do processo de pesquisa	41
Quadro 7 – Estruturação do Método SSF	42
Quadro 8 – Divisão das fases do método SystematicSearchFlow empregado	44
Quadro 9 – Preceitos de um software de código aberto	45
Quadro 10 – Custo operacional de registro autoral em <i>Ethereum blockchain</i>	47
Quadro 11 – Custas para a emissão de atas notariais no Estado do Tocantins	47
Quadro 12 – Resultados da aplicação do SystematicSearchFlow com enfoque na tecnologia BIM.....	49
Quadro 13 – Resultados da aplicação do SystematicSearchFlow com enfoque na tecnologia <i>blockchain</i>	49
Quadro 14 – Artigos mais citados por grupo	52
Quadro 15 – Resumo dos trabalhos selecionados	53
Quadro 16 – <i>MIT License</i> : Permissões, condições e limitações.....	69
Quadro 17 – Análise do fluxograma de aplicabilidade da tecnologia <i>blockchain</i>	72
Quadro 18 – Controle de dependências de projetos	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Níveis de maturidade BIM ao longo do tempo	16
Figura 2 – Exemplo de projeto autoral de arquitetura desenvolvido com a ferramenta Autodesk Revit	26
Figura 3 – Apresentação de código-fonte do arquivo exportado a partir do Autodesk Revit...	27
Figura 4 – Visualização de arquivo <i>IFC</i> com o auxílio da ferramenta BIM BEAVER.....	28
Figura 5 – Livro de registro de dupla entrada da companhia limitada J. and H. Hadden (1787-1797).....	30
Figura 6 – Esquema de uma cadeia de blocos (<i>blockchain</i>).....	31
Figura 7 – Esquematização de um bloco	31
Figura 8 – Arquiteturas de rede	32
Figura 9 – Um fluxograma para determinar se a tecnologia <i>blockchain</i> é a solução técnica apropriada para resolver um problema	34
Figura 10 – Carteira para <i>blockchain Ethereum</i>	37
Figura 11 – Representação do método <i>SystematicSearchFlow</i> - SSF	43
Figura 12 – Distribuição temática das publicações revisadas	50
Figura 13 – Periodicidade das publicações obtidas	50
Figura 14 – Mapa de palavras-chave dos trabalhos selecionados	51
Figura 15 – Espiral do ciclo de vida de uma edificação	59
Figura 16 – O processo de modelagem interdisciplinar em BIM.....	60
Figura 17 – Tipos de iteração existentes durante as etapas de projeto	61
Figura 18 – Fluxo de trabalho BIM interdisciplinar.....	62
Figura 19 – Usos da tecnologia BIM.....	63
Figura 20 – Fluxo representando o desenvolvimento de projeto conceitual e anteprojeto de arquitetura, estruturas e instalações, baseados em BIM, com modelo federado ...	64
Figura 21 – Legenda do mapa de processos (Figura 20).....	65
Figura 22 – Fluxo de trabalho para evento de troca de arquivos de referência em <i>IFC</i>	66
Figura 23 – Exemplo da apresentação dos resultados da busca no repositório GitHub.....	68
Figura 24 – <i>ETH Notary</i> : Campo de registro autoral	70
Figura 25 – Fluxograma de registro de documentos em <i>Ethereum blockchain</i> com emprego de <i>ETH Notary</i>	70
Figura 26 – Painel de aferição da existência de um arquivo	71

Figura 27 – Anotação dos pontos de registro autoral em fluxo de trabalho BIM para evento de troca de arquivos de referência <i>IFC</i>	73
Figura 28 – Tempo estimado de processamento do registro autoral	75

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	8
1.2. JUSTIFICATIVA	10
1.3. OBJETIVOS	12
1.3.1. Objetivo Geral	12
1.3.2. Objetivos Específicos	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM.....	13
2.1.1. Conceito e Panorama Histórico	13
2.1.2. Caráter evolutivo da tecnologia BIM e seus níveis de maturidade	15
2.1.3. Benefícios da tecnologia BIM	17
2.1.4. Nível de Desenvolvimento ou <i>Level of Development</i> – LOD	19
2.1.5. Industry Foundation Classes – <i>IFC</i>	22
2.1.6. Fluxogramas Específicos Correspondentes às Macro-fases Projeto Conceitual e Anteprojeto.....	29
2.2. TECNOLOGIA DE REGISTRO DISTRIBUÍDO (<i>BLOCKCHAIN</i>)	29
2.2.1. Definição e funcionamento da tecnologia	30
2.2.2. Componentes de uma <i>blockchain</i>	33
2.2.3. Fluxograma de aplicabilidade da tecnologia <i>blockchain</i>	33
2.2.4. Ethereum blockchain	35
2.3. PROVA DOCUMENTAL SOB A ÓTICA DO DIREITO PROCESSUAL CIVIL BRASILEIRO	38
2.3.1. Conceito de documento	38
2.3.2. Documento e a prova documental	39
2.3.3. Autoria material e autoria intelectual	39
2.3.4. Ata notarial	39
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
3.1. ETAPA EXPLORATÓRIA	42
3.1.1. Revisão sistemática	42
3.1.2. Busca em base de softwares de código aberto.....	45
3.2. ANÁLISE DA FERREMENTA E DE SEUS CUSTOS	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1. RESULTADOS DO <i>SYSTEMATICSEARCHFLOW</i>	49
4.1.1. Mapeamento bibliométrico.....	51
4.2. FLUXO DE TRABALHO EM BIM.....	59

4.3. FERRAMENTA <i>BLOCKCHAIN</i>	67
4.4. EMPREGO DE <i>BLOCKCHAIN</i> EM TECNOLOGIA BIM	72
4.5. COMPARATIVO DE CUSTOS.....	74
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

1. INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção, ou BIM, é uma tecnologia que integra a concepção, projeto, execução e manutenção de empreendimentos da construção civil. A tecnologia BIM tem por premissa a ampla troca de informação entre os entes envolvidos, arquitetos, engenheiros, construtores. A tecnologia BIM pode ser empregada de modo limitado em determinados níveis e etapas, contudo é desejável que seu emprego ocorra de maneira holística: desde as etapas iniciais até as etapas finais do ciclo de vida do empreendimento. Assim, em um nível ideal de adoção, tem-se um modelo único de dados de projeto, comum a todos os entes. Em pesquisa bibliográfica realizada, foi identificado que o avanço na construção e emprego de um modelo BIM pode implicar em dificuldades relacionadas a direitos autorais e responsabilização dos diversos autores.

Nos últimos dez anos, uma tecnologia nomeada como *blockchain* tem servido como ferramenta para o registro imutável de informações. A tecnologia *blockchain* surgiu para resolver o problema de gasto duplo de moedas. Neste contexto, sua primeira aplicação apresentada foi a criação da criptomoeda *Bitcoin*. Para que se torne impossível a criação de Bitcoins (gasto duplo) a tecnologia *blockchain* subjacente impõe que os indivíduos que se disponibilizam para auferir a veracidade executem tarefas computacionais no menor tempo possível. Aliado a isso, há um mecanismo de incentivo financeiro para que os indivíduos estejam presentes na rede, validando as transações.

Embora recente, a tecnologia *blockchain* tem sido empregada para resolver problemas que vão além do mercado financeiro. Destaca-se, por exemplo, a indústria da cadeia de suprimentos. Nesta indústria, a tecnologia *blockchain* tem sido empregada para se que mantenha um histórico imutável de produtos diversos, desde sua produção até a venda.

Em um ambiente de projetos, que emprega a tecnologia BIM, há um fluxo constante de informações sensíveis, trocadas por meio de arquivos de referência. O emprego da tecnologia BIM, com seu fluxo intenso de informações, tem levantado preocupações acerca do direito autoral sobre as informações, bem como sobre a responsabilização autoral. Assim, é possível conjecturar o emprego da tecnologia *blockchain* na indústria da construção civil, de modo a atender as demandas relacionadas ao registro de autorias de projeto, no contexto da tecnologia BIM.

Os dispositivos tecnológicos da Tecnologia da Informação (TI) têm ao longo dos anos agregado valor à indústria da construção civil. Neste sentido, este trabalho de conclusão de curso analisa teoricamente integração da tecnologia *blockchain* ao processo de projeto em tecnologia BIM como solução para a problemática de registro autoral.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com Sacks (*et al.*, 2018), a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) desempenha o papel de uma plataforma de suporte para o ciclo de vida de um empreendimento, pois é uma fonte de informações que permite a consulta, visualização, e o reuso da informação corrente. Este ciclo é, portanto, altamente dependente das informações dos elementos que constituem o modelo.

As metodologias de projeto ainda em uso antecessoras ao emprego da tecnologia BIM operam de modo que as informações de um empreendimento sejam disponibilizadas à medida que cada projeto (arquitetônico, estrutural ou hidráulico, por exemplo) é disponibilizado. Entende-se, nesse sentido, que o autor de cada projeto é completamente responsável pelas informações contidas nele. Sob outro ponto de vista, é possível visualizar este processo como uma linha de produção de um automóvel, porém muitas peças (projetos individuais) são integradas entre si sem a devida compatibilização. Este ritual acaba por implicar em intempéries apenas percebidas na etapa de execução.

A adoção integral da tecnologia BIM passa pela superação de diversos desafios relacionados à “autoria dos dados” contidos no modelo BIM. Para a CBIC (2016a), embora a questão da propriedade intelectual ainda não esteja resolvida, já levanta preocupações, uma vez que o emprego da metodologia BIM implica em um fluxo de informações “realizado de maneira mais livre”. Foster (2008) descreve que determinadas peças contidas no modelo BIM não são necessariamente de autoria do projetista responsável. Para Schapke (*et al.*, 2018), a autoria pela informação pode ser transferida em função da modificação de elementos, ou até mesmo de atributos. Udom (2012) destaca o problema de atividades realizadas em conjunto, pois é difícil reconhecer aonde a contribuição de determinado ente inicia e termina. Mcadam (2010), levanta, como exemplo, a possibilidade de a construtora contratada modificar o modelo BIM e suas implicações. Sacks (*et al.*, 2018) apresenta questionamentos sobre quem é o proprietário das informações, quem tem os direitos legais sobre o modelo BIM como um todo, quem tem o direito de alterar o modelo, e quem é responsável por eventuais problemas advindos de contribuições com informações imprecisas. Por fim, Stougiannos e Magneron (2018) expõem uma preocupação quanto a adoção de BIM está relacionada à identidade de quem modifica o modelo BIM, pois há implicações sobre o autor durante e depois da execução da obra.

Atualmente, na tecnologia BIM, as informações que dizem respeito a autoria podem ser registradas por meio do envio de e-mails (aparentemente o meio digital menos sofisticado), metadados de arquivos abertos ou proprietários, e/ou serviços de gestão de modelos de

informação da construção, denominados Servidores BIM (BIM Servers). Todos estes meios permitem, à sua maneira, registrar a autoria de dados compartilhados; contudo, mesmo a solução mais sofisticada, que são os servidores BIM, não garantem a imutabilidade dos registros de autoria. Em outras palavras, não somente a autoria das informações, mas também os dados de elementos no modelo BIM podem ser revisados e alterados, inclusive por má fé. O amadurecimento da tecnologia, sob o ponto de vista das informações armazenadas, é um processo que responderá: “como preservar a autoria dos dados, uma vez que estas informações são ‘chave’ na reivindicação de direitos autorais e na responsabilização técnica dos autores?”

Uma forma de registrar a troca de informações entre os parceiros de projeto seria por meio do registro das transações digitais em um cartório. Esta rotina consistiria na impressão para registro em cartório de todo o histórico de troca de informação, como cópias de e-mails, linhas de códigos de arquivos em formato aberto (ex.: *.ifc), e imagens. Tendo esses documentos registrados em cartório seria possível acessar e validar as informações posteriormente. A troca constante de informações entre as partes em um ambiente de tecnologia BIM tornaria esta solução inviável, uma vez que a cada alteração no modelo seria necessário imprimir e realizar o registro desses documentos, implicando em imputar custos ao processo que, possivelmente, inviabilizariam o emprego de uma tecnologia BIM com este nível de confiabilidade.

1.2. JUSTIFICATIVA

A construção civil, especialmente no Brasil, tem papel de relevância no desempenho da economia e na melhora da qualidade de vida das pessoas. Esta indústria tem participação direta na entrega de soluções para saneamento básico, na construção de redes de distribuição de água e coleta de esgoto, e na construção de estações de tratamento de água e tratamento de efluentes. Na área da saúde, pela construção de hospitais. Na redução do déficit habitacional, com construção de moradias. E na melhoria da mobilidade, com a construção de rodovias, portos e aeroportos.

A relevância da indústria da construção civil contrasta com a sua produtividade. Em estudo realizado pela empresa de consultoria *Ernst & Young* – EY (2014), demonstra-se que a alta demanda por produtos desta indústria tem levado a um acúmulo inflacionário no setor por causa da baixa capacidade de produzir (ofertar). Uma consequência da baixa capacidade, como apresentado no estudo, é o aumento das queixas por descumprimento de contrato junto ao PROCON do Estado de São Paulo.

A transformação digital da construção civil é uma maneira de alavancar a produtividade, pois, segundo estudo realizado pelo *Boston Consulting Group* – BCG (2016), “a tecnologia BIM aplicada ao ciclo de vida do empreendimento, construção orientada a dados e execução em Metodologia Enxuta (LEAN), e um monitoramento rigoroso da construção, reduzem custos por todo o ciclo de vida e o tempo de execução”. A redução estimada dos custos em função da transformação digital, segundo este estudo, poderá ultrapassar 1 trilhão de dólares em 2025.

A dimensão de entidades governamentais, que tem passado a exigir a tecnologia BIM durante a contratação de empreendimentos da construção civil, tem impactado positivamente em sua adoção desta tecnologia. Este aspecto é evidenciado por Sacks (*et al.*, 2018), pois o nível de conhecimento da tecnologia BIM teve crescimento impulsionado a partir dos anos em que esta passou a ser exigida em novos contratos governamentais, destacando-se o Reino Unido, a partir de 2011, e a Coreia do Sul, a partir de 2012.

No Brasil, a tecnologia BIM teve sua importância reconhecida pelo governo a partir da assinatura do decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, cuja finalidade é “promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no País” (BRASIL, 2018a).

As Tecnologias de Registro Distribuído, ou *blockchain*, têm como principais características a descentralização, perenidade, anonimato e auditabilidade de dados. A tecnologia blockchain é descrita por Zheng (*et al.*, 2017) como um registro público onde

transações são armazenadas em blocos sequenciais, onde segurança desta tecnologia é complementada pela distribuição dos dados registrados entre diversos usuários da “cadeia de blocos” e pelo uso de criptografia.

Por ser orientada a dados, a tecnologia BIM não é um produto acabado. Ela permite somar forças às novas soluções tecnológicas, conforme seu crescimento demanda. Neste sentido, a Tecnologia de Registro Distribuído, ou *blockchain*, dada sua característica de registrar dados em caráter imutável, figura-se como relevante à tecnologia BIM para a solução da problemática apresentada de controle de registro autoral, justificando, portanto, a realização de estudos que relacionem ambas tecnologias.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma forma de emprego da tecnologia *blockchain* no âmbito da construção civil, em processo de projeto sob o contexto da tecnologia BIM para a validação das operações dos diversos atores.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Explorar a tecnologia *blockchain*, e analisar conceitualmente o seu emprego em demandas de controle autoral;
- Analisar o processo de troca de informações entre entes de projeto durante o emprego da tecnologia BIM;
- Simular de modo teórico o fluxo de troca de arquivos de informação entre os entes de projeto, em um ambiente de projeto BIM com o emprego de *blockchain* para a validação das operações;
- Comparar o processo de validação das operações com emprego da tecnologia *blockchain* frente a um processo convencional de registro;
- Demonstrar a viabilidade técnica e financeira do emprego da tecnologia *blockchain* no âmbito da construção civil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura trará as definições e o contexto da pesquisa, em duas partes: uma com enfoque na tecnologia BIM e a outra com enfoque na tecnologia *blockchain*. Destaca-se neste capítulo, uma seção que aborda o direito processual brasileiro, a qual evidencia as formas de evoluções de documentos como meios de provas. Por fim, apresentam-se as atas notariais, que fariam parte de uma metodologia analógica de registro autoral, e aplicável à indústria da construção civil.

2.1. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

Ao tratar da tecnologia BIM, visa destacar que esta faz parte de um processo de evolução da indústria da construção civil. Assim, demonstra-se em tópico específico que a tecnologia BIM não é uma peça monolítica deste processo, uma vez que esta é capaz de incorporar novas tecnologias. Nos últimos tópicos faz-se a apresentação da capacidade da tecnologia BIM em guardar dados de autoria em arquivos de formato aberto, bem como é apresentado um recorte do fluxo de trabalho em BIM.

2.1.1. Conceito e Panorama Histórico

A Modelagem da Informação da Construção, ou tecnologia BIM, é uma metodologia colaborativa de trabalho que abrange todas as etapas de um projeto no âmbito da construção civil. O emprego da tecnologia BIM nas etapas que antecedem a execução de determinado empreendimento implica em um processo de digitalização, de modo que documentos digitais são empregados como meio de troca de informações. Para a etapa de execução, esta tecnologia abre portas para a automação de diversas atividades. Por fim, para os ciclos de operação e manutenção, a tecnologia BIM constitui um banco de dados representativo do estado da edificação.

Até o início da década de 1980, a partir do barateamento e popularização de computadores, os desenhos de projetos, em sua maioria, eram concebidos por meio de processo manual Gero (1983). Este processo consistia no uso de uma mesa de desenho, papéis, lápis e régua. A chegada de “computadores de pequeno porte”, relata ASCE (1985), não só representou o início do uso em massa de computadores para a elaboração de desenho (Desenho Auxiliado por Computador – CAD), como abriu portas para o atendimento de outras demandas no âmbito da construção civil tais como a contabilidade, planilhas eletrônicas, planejamento diário, gerenciamento de contratos, e simulações. Portanto, o emprego massivo dos computadores a

partir de 1980 não ficou limitado a substituição de processos manuais de desenho; este emprego em grande escala conduziu esta indústria a um novo patamar.

Precedentemente à tecnologia BIM, os projetos de engenharia no âmbito da construção civil eram concebidos de forma linear, baseados na expedição de documentos com desenhos bidimensionais em papel. Sacks (*et al.*, 2018, tradução do autor) definem a tecnologia BIM (acrônimo de Building Information Modeling) como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, interagir (comunicar), e analisar empreendimentos no âmbito da construção civil”. De acordo com (BRASIL, 2018b), Modelagem da Informação da Construção é a tradução de Building Information Modeling. A tecnologia BIM tem por premissa a criação de modelo de informação (modelo BIM). Segundo Sacks (*et al.*, 2018, *apud* NIBS, 2008), um modelo BIM é caracterizado de três formas: (a) como um produto; (b) um processo colaborativo baseado em padrões abertos, com susceptibilidade à Tecnologia da Informação; e (c) uma ferramenta de gerenciamento de facilidades.

Em 1976, Charles Eastman publicou um artigo no qual descrevia um processo de armazenamento e consulta de dados de edificações com o emprego de computadores; um banco de dados chamado Sistema de Descrição da Construção, ou tecnologia BDS. De acordo com Eastman (1976), a tecnologia BDS é um banco de dados capaz de armazenar a descrição detalhada de uma edificação para fins de projeto e execução. Embora Eastman não tenha descrito tal tecnologia como Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling), preservadas as limitações computacionais da época, esta apresenta semelhanças à tecnologia BIM. Contudo, ainda que tenha sido a tecnologia BIM elucidada em 1976, seu impacto foi pouco relevante até a implantação de marcos regulatórios governamentais (BIM *mandates*), a partir de 2007, que visam estabelecer parâmetros de contratação em BIM.

Nos primeiros seis anos de existência, o Programa Minha Casa Minha Vida, iniciativa governamental do Brasil voltada ao subsídio habitacional, movimentou recursos públicos da ordem de R\$ 270 bilhões (BRASIL, 2015a). No caso de entidades governamentais, que tem atuação pública e movimentação financeira de quantias vultuosas, a tecnologia BIM proporciona meios de melhoria de qualidade de projeto, gerenciamento e manutenção. As ações governamentais para a contratação em BIM tiveram papel importante na divulgação da tecnologia BIM. No Reino Unido, com a disponibilização de seu primeiro BIM mandate, em 2011, 43% de profissionais entrevistados não sabiam o que era a tecnologia BIM, ao passo que em 2018, apenas 1% dos entrevistados não sabem o que é tecnologia BIM (NBS, 2018).

No Brasil, a despeito de iniciativas pontuais de contratação em BIM, como é o caso do

Governo de Santa Catarina (2014), via de regra a contratação em BIM ainda não é obrigatória. A partir da pesquisa de campo realizada na cidade de Palmas, Tocantins, por Silva e Vianna (2017), diante do cenário de não existência de esforço governamental para a difusão e emprego da tecnologia BIM, buscaram retratar o entendimento de profissionais da construção civil acerca tecnologia BIM. A avaliação qualitativa das respostas colhidas demonstrou que os entrevistados tinham conhecimento ainda rudimentar da tecnologia BIM, pois todos os entrevistados afirmaram saber o que BIM, contudo desconheciam a existência do padrão *IFC*.

Desde 17 de maio de 2018, há um esforço do Governo Federal em “promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no País” (BRASIL, 2018a). Dentre os resultados esperados estão “assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil”, “proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas”, e “levar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva” (BRASIL, 2018a).

2.1.2. Caráter evolutivo da tecnologia BIM e seus níveis de maturidade

Até o final da década de 1990, a indústria da construção civil empregou ferramentas computacionais para o processo de elaboração de documentos de projeto, impressão e arquivamento. Durante a década de 2000, a indústria passou a compartilhar documentos digitais, integrando a partir da década de 2010 a criação de banco de dados de arquivos de projeto e bibliotecas. O entendimento de processo de maturação ao longo do tempo é resumido por Sacks (*et al.*, 2018), que classifica a tecnologia BIM em quatro níveis, de zero à três, à medida que ferramentas da tecnologia da informação são incorporadas ao processo de projeto, execução e manutenção de empreendimentos da construção civil (ver Figura 1).

O BIM Nível 0 é caracterizado quando há o emprego de computadores apenas para a informatização, como o uso de ferramentas CAD e planilhas eletrônicas. Nos dias atuais, este é considerado um processo obsoleto.

Se há informatização e colaboração por meio da troca de arquivos, este processo é classificado como BIM Nível 1. É neste nível que diversas empresas operam atualmente, pois utilizam uma mescla de CAD 3D para conceituação e CAD 2D para aprovação em entidades fiscalizadoras (como as das prefeituras).

A partir do momento em que as partes envolvidas em um empreendimento estabelecem um ambiente colaborativo para o compartilhamento de modelos de informação de cada disciplina de projeto, tem-se o BIM Nível 2. Neste nível não há um arquivo único,

representativo de toda a edificação. Portanto, é crucial que as informações sejam compartilhadas com o emprego de formatos abertos de arquivos. Para o compartilhamento de modelos tridimensionais, é empregado o *IFC*. Embora este não seja o nível ideal de maturidade BIM, este é ponto de partida de muitas contratações em BIM.

O BIM Nível 3 é caracterizado pela ampla colaboração de informação entre as partes com o desenvolvimento de um modelo BIM único.

Figura 1 – Níveis de maturidade BIM ao longo do tempo



Fonte: SACKS (et al., 2018).

De acordo com Sacks (*et al.*, 2018), o termo BIM abarca tanto a tecnologia como o processo. O entendimento das características do que são modelos BIM é fundamental para o emprego adequado desta tecnologia. Um determinado empreendimento pode empregar muitas aplicações “BIM”, e ainda estar fora dos padrões mínimos. Modelos BIM, são constituídos de componentes (objetos) que carregam consigo atributos e informações que podem ser empregados em análises, pois descrevem como estes se comportam. Todos os modelos BIM são paramétricos, facilitando a automatização de processos. Portanto, entende-se que o padrão mínimo de processo de projeto, execução e manutenção para que um empreendimento se enquadre na tecnologia BIM, é a partir do BIM Nível 2.

2.1.3. Benefícios da tecnologia BIM

A tecnologia BIM pode ser apresentada pela ótica de seu emprego nas etapas de um empreendimento e assim destacando as vantagens de seu emprego. A tecnologia BIM permite que muitas práticas através das etapas sejam aprimoradas.

- **Etapa de estudos de viabilidade:** Antes mesmo de se contratar os diversos profissionais que potencialmente integrariam uma equipe de trabalho, é possível empregar a tecnologia BIM para a execução de análises que permitam com relevante precisão se o empreendimento atende às expectativas do proprietário. Empreendimentos que empregam a tecnologia BIM tornam possível o desenvolvimento de modelos esquemáticos dotados de detalhes que permitam ter bom entendimento da performance e da qualidade. Quando as boas práticas da tecnologia BIM são empregadas, as equipes começam a ser formadas sob a expectativa da entrega integrada das diferentes disciplinas de projeto; assim a cultura da colaboração e troca de informação entre os participantes é fomentada desde o início.
- **Etapa de Projeto:** Durante a etapa de projeto, é importante que haja consistência nas visualizações do empreendimento. A tecnologia proporciona esta consistência pois todas as visualizações são oriundas de um banco de dados de informações que serve à geração de vistas ou leitura de informações. As informações e vistas obtidas são disponibilizadas desde os primeiros passos do projeto. Assim, com a consistência do modelo, é possível realizar ajustes tão logo o quanto forem necessários, sem a preocupação de revisar sua propagação através do(s) projeto(s).

Dada a necessidade de atuação de profissionais dentro de um mesmo empreendimento, a colaboração é facilitada com emprego da tecnologia BIM. Os diferentes profissionais podem executar modificações em seus projetos a partir de informações de outras disciplinas contidas um modelo único. Isso pode ocorrer sem a necessariamente o envio e recebimento de projetos entre os profissionais.

As diversas análises de desempenho em uma edificação podem ser executadas com elevada precisão. Em um modelo BIM, todos os componentes são ricos em detalhes de modo que seja possível executar simulações com parâmetros

realísticos.

- **Etapas de Construção/Execução:** Uma vez que o modelo BIM desenvolvido ao longo do processo de projeto é parametrizado, as alterações demandadas das atividades executivas não representam preocupações com a necessidade de modificar todas as vistas e planilhas potencialmente impactadas.

O planejamento e o orçamento têm no modelo BIM uma fonte rica e precisa de informações relacionadas ao empreendimento.

- **Etapas de Operação/Manutenção:** Após a conclusão da obra, especialmente em grandes empreendimentos, o modelo BIM desenvolvido até as etapas anteriores será empregado na construção de manuais de uso, operação e manutenção, no planejamento de manutenções e no registro de atividades operacionais e corretivas.

Um resumo dos principais benefícios do emprego da tecnologia BIM é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais benefícios do emprego da tecnologia BIM

ETAPA	BENEFÍCIOS
Estudos de Viabilidade	Facilitador de estudos de conceito e viabilidade financeira.
	Maior proximidade à realidade em análises iniciais de performance e qualidade.
	Maior colaboração desde as etapas mais tenras.
Projeto	Visualizações de precisão elevada desde as primeiras etapas.
	Modificações, mesmo que mínimas, são propagadas a todas visualizações (tridimensionais ou não) do projeto.
	Produção de visualizações bidimensionais precisas e consistentes a partir de qualquer estágio.
	Colaboração entre diferentes disciplinas.
	Fácil verificação de consistência às demandas contratadas.
	Extração de estimativas de custos.
	Maior eficiência energética e sustentabilidade.
Construção/Execução	Emprego de peças contidas em projeto como referência à fabricação de componentes reais (<i>shop models</i>).
	Celeridade em modificações aos projetos.
	Maior percepção a erros e omissões de projeto antes da execução.
	Sincronia em projetos e planejamento.
	Melhor implementação da metodologia <i>LEAN</i> .
	Precisão em quantitativos empregados na aquisição de insumos, equipamentos e serviços.
Operação/Manutenção	Maior precisão nas informações disponibilizadas para o <i>as built</i> .
	Melhor gerenciamento e operação de facilidades.
	Integração com sistemas de gestão de facilidades.

Fonte: Adaptado de SACKS (et al., 2018).

Em conclusão, um modelo BIM é vantajoso a um empreendimento por agregar valor às diversas etapas. Com ele é possível detectar interferências, planejar com maior precisão, fomentar o trabalho colaborativo, eliminar gastos desnecessários e gerenciar melhor o todos os processos inerentes ao ciclo de vida.

2.1.4. Nível de Desenvolvimento ou *Level of Development* – LOD

Em um ambiente de projeto, sob o contexto da tecnologia BIM, os elementos tridimensionais contêm informações que vão além de sua geometria simplesmente. Os elementos de um modelo BIM podem carregar além de dados referentes a sua geometria, como dados pertinentes a quantitativo, comportamento, detalhamento, fabricação, montagem e instalação. Embora a tecnologia BIM tenha despontado por seu grande potencial visual, podem-se se afirmar que um modelo BIM é muito mais do que sua pura e simples espacialização.

O *Level of Development* (LOD), que pode ser traduzido em Nível de Desenvolvimento (MANZIONE, 2013), é um termo que dentro da tecnologia BIM representa o estabelecimento de marcos do qual se espera que um determinado objeto (ex.: pilar, viga, janela) ofereça de detalhes (precisão à realidade), seja em termos visualização, seja em termos de dados contidos neste.

A autoria do termo LOD é atribuída ao Instituto Americano de Arquitetos (*American Institute of Architects – AIA*), através do documento E202, de 2008. O E202, ou *Building Information Modeling Protocol Exhibit*, apresenta em seu conteúdo procedimentos e padrões que auxiliam o emprego da tecnologia BIM. De acordo com o uso esperado de um modelo, nas diversas fases do empreendimento, este documento estabelece cinco níveis principais de desenvolvimento. O nível desenvolvimento é, portanto, determinante para a aptidão do modelo, pois poderá limitá-lo a certos empregos (KENSEK, 2014).

Para a data de redação deste trabalho, a especificação do LOD é coordenada pela *BIMForum*¹, uma seção nos Estados Unidos da *buildingSMART*². As especificações apresentadas pela *BIMForum* são uma expansão do trabalho da AIA. O trabalho desenvolvido pela agrega à demanda de implementação dos padrões de LOD, sendo revisado e atualizado anualmente.

A especificação LOD mantida pela *BIMForum* aborda os níveis 100, 200, 300, 350 e

¹ bimforum.org

² www.buildingsmart.org

400. O nível 350 é um complemento em relação às especificações originais da AIA, que busca oferecer maior precisão para a especificação de modelos que se encaixam melhor entre os níveis 300 e 400. Outra particularidade é a exclusão do nível 500, justificada pelo fato de que este nível aborda as questões relacionadas ao período pós obra. O Quadro 2 apresenta as definições de nível de desenvolvimento tanto por AIA quanto por *BIMForum*, enquanto que Quadro 3 apresenta ilustrações extraídas do manual de especificação da *BIMForum*.

Quadro 2 – Definições dos níveis de desenvolvimento (continua)

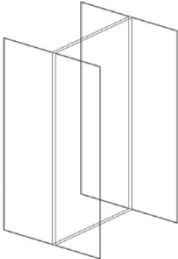
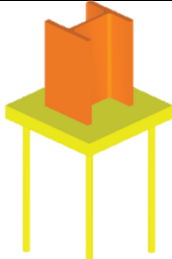
LOD	DEFINIÇÕES
100	AIA: O <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM pode ser representado graficamente no <i>Modelo</i> com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para o LOD 200. Informações relacionadas ao <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> (ou seja, custo por pé quadrado, tonelage de HVAC, etc.) podem ser derivadas de outros <i>Elementos</i> do <i>Modelo</i> BIM.
	BIMForum: Os elementos do LOD 100 não são representações geométricas. Exemplos são informações anexadas a outros elementos ou símbolos do modelo BIM, mostrando a existência de um componente, mas não sua forma, tamanho ou localização precisa. Qualquer informação derivada dos elementos do LOD 100 deve ser considerada aproximada (destaque nosso).
200	AIA: O <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM é representado graficamente no <i>Modelo</i> como um sistema, objeto ou conjunto genérico com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação aproximadas. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM.
	BIMForum: Neste LOD elementos são elementos espaciais genéricos. Eles podem ser reconhecidos como os componentes que representam ou podem ser volumes para reserva de espaço. Qualquer informação derivada dos elementos do LOD 200 deve ser considerada aproximada (destaque nosso).
300	AIA: O <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM é representado graficamente no <i>Modelo</i> como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM.
	BIMForum: A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensão. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto (destaque nosso).
350	AIA: (não há)
	BIMForum: Partes necessárias para a coordenação do elemento com elementos próximos ou conectados são modeladas. Essas partes incluirão itens como suporte e conexões. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensão (destaque nosso).
400	AIA: O <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM é representado graficamente dentro do <i>Modelo</i> como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com informações de detalhamento, fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao <i>Elemento</i> do <i>Modelo</i> BIM.
	BIMForum: Um elemento LOD 400 é modelado com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do componente representado. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensão (destaque nosso).

Quadro 2 – Definições dos níveis de desenvolvimento (conclusão)

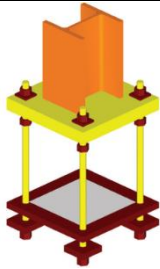
LOD	DEFINIÇÕES
500	AIA: O <i>Elemento</i> do <i>Modelo BIM</i> é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos <i>Elemento</i> do <i>Modelo BIM</i> .
	BIMForum: (não há)

Fonte: Adaptado de American Institute Of Architects (2013, tradução do autor) e BIMForum (2019, tradução do autor).

Quadro 3 – Ilustrações dos Níveis de Desenvolvimento de acordo com a BIMForum (continua)

LOD	ILUSTRAÇÃO
100	
200	
300	
350	

Quadro 3 – Ilustrações dos Níveis de Desenvolvimento de acordo com a BIMForum (conclusão)

400	
-----	---

Fonte: Adaptado de BIMForum (2013).

2.1.5. Industry Foundation Classes – IFC

O *Industry Foundation Classes – IFC* (sem tradução livre) é um padrão internacional (ISO 16739-1:2018) e aberto destinado a troca e compartilhamento de dados no contexto da tecnologia BIM. O *IFC* é “uma descrição digital do ambiente construído, que abrange edificações e infraestrutura civil. (...) foi concebido para ser neutro em relação a qualquer companhia de desenvolvimento de software (agnóstico), utilizável em uma grande variedade de hardware, software e interfaces” (BUILDINGSMART, 2019a). O emprego do *IFC* permite que a coordenação de projeto não fique limitada à plataforma de softwares de um só fabricante. Assim, um ator A disponibiliza seu projeto dentro um dos padrões *IFC* atualmente disponíveis a partir de uma aplicação de um fabricante distinto do ator B, que irá a partir do arquivo *IFC* elaborar seu projeto autoral. Não menos importante, o padrão *IFC* é parte do esforço da *buildingSMART International* para promover o *openBIM®*.

Uma abordagem específica ao esquema padronizado *IFC* é que este codifica de maneira lógica (i) a identidade e a semântica (exemplo: nome, identificador exclusivo legível por máquina, tipo de objeto ou função); (ii) as características ou atributos (exemplo: material, cor e propriedades térmicas); e (iii) os relacionamentos (exemplo: localização, conexões, propriedade), de (a) objetos (exemplo: pilares ou lajes); (b) conceitos abstratos (exemplo: performance, custo), (c) processos (exemplo: instalação, operação), e (d) pessoas (exemplo: proprietários, projetista, construtores, fornecedores etc.) (BUILDINGSMART, 2019a).

O padrão *IFC* é desenvolvido desde 1996 pela *buildingSMART International Ltd.*, e sua última versão é a *IFC4_ADD2*, lançada em 2016. Dentro do escopo desta versão estão definições relacionadas ao ciclo de vida, empregadas em etapas desde a demonstração até operação e manutenção; definições relacionadas a disciplinas como arquitetura e estruturas; formatos de trocas de arquivos, como projeto estrutural e componentes físicos.

Atualmente, o *IFC* é normalmente empregado para a troca de informação de um ente para outro ente de projeto dentro de uma transação comercial. O *IFC* também pode ser utilizado como meio para o arquivamento de informações de projeto, seja de maneira incremental durante o projeto, contratação, e contratação, ou como *as built*, que será empregado na manutenção e operação. Os dados de *IFC*, que dos quais se necessita, podem ser codificados em vários formatos, como XML, JSON, e STEP, e transmitidos através da internet, importados e exportados, ou gerenciados banco de dados.

Formatos *IFC*

Os formatos de arquivo são a maneira padronizada pela qual computadores codificam e armazenam informações (TZITZIKAS e MARKETAKIS, 2018). Os formatos de arquivo servem para “orientar” um computador de qual forma os bits devem ser organizados na unidade de armazenamento, como um disco rígido, pen-drive, ou CD. Existem formatos proprietários e livres.

De acordo com a buildingSMART (2019b), o padrão *IFC* pode ser codificado em diversos formatos eletrônicos. A escolha de um determinado estará atrelada a aspectos de suporte, escalabilidade e legibilidade. Em outras palavras, preocupação da escolha do formato de arquivo está ligado ao seu tamanho, que, por agregarem muita informação, podem atingir a dimensão de gigabytes. Os formatos oficiais de arquivo *IFC* são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Formatos oficiais de arquivo *IFC*

FORMATO	EXTENSÃO	TAMANHO	SÍNTESE
<i>STEP Physical File (SPF or IFC-SPF)</i>	.ifc	100%	É o formato mais usado para o IFC. Baseia-se na norma ISO para representação em texto claro de " <i>EXPRESS data models</i> ", da norma ISO 10303-21.
<i>Extensible Markup Language (XML)</i>	.ifcXML	113%	Fornece maior legibilidade e benefícios de uma ampla gama de ferramentas de software. O <i>ifcXML</i> é padronizado pela ISO 10303-28, para representação de dados <i>STEP</i> no formato <i>XML</i> .
<i>ZIP</i>	.ifcZIP	17%	Os dados do <i>IFC</i> podem ser incorporados em um arquivo <i>ZIP</i> . Os dados incorporados podem ser codificados como <i>SPF</i> ou <i>XML</i> , onde o tamanho resultante é normalmente comparável.

Fonte: Adaptado de buildingSMART (2019b).

Model View Definitions – MVD e Information Delivery Manual – IDM

O ciclo de vida de um empreendimento que emprega BIM é repleto de profissionais, de diferentes disciplinas. Assim, é imprescindível que todos os participantes saibam quando e o que devam se comunicar. A extração de dados de um modelo de informação que irão compor um arquivo em padrão *IFC*, partindo de um profissional de arquitetura a um especialista em estruturas, deve ser condizente os requisitos da análise a ser realizada pelo especialista em estruturas. As trocas de informação entre os atores, em que os remetentes extraem uma parte do modelo autoral da disciplina, acontece pelo envio e recebimento de *Model Views*, que são exportados a partir de regras delimitadoras, as *Model View Definitions* (MVD). Uma relação dos diversos tipos de MVD disponíveis é apresentada no Quadro 5. A documentação contendo a descrição das informações requeridas a cada troca de informação estão contidas em um documento denominado Information Delivery Manual (IDM). Concomitantemente à redação deste trabalho não foi encontrada tradução aos termos MVD e IDM.

Quadro 5 – Relação dos tipos de MVD (continua)

ESQUEMA <i>IFC</i>	TIPO DE MVD	SITUAÇÃO	SÍNTESE
IFC2x3 TC1	<i>Coordination View</i>	Oficial	Componentes espaciais e físicos para coordenação entre os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações (MEP).
IFC2x3 TC1	<i>Space Boundary Addon View</i>	Oficial	Identificação e exportação de limites espaciais adicionais (polígonos que definem a extensão do contato de um espaço com superfícies diretamente adjacentes [por exemplo, paredes, pisos, tetos] e aberturas). Pode ser usado para análise de energia e extração de quantitativos.
IFC2x3 TC1	<i>Basic FM Handover View</i>	Oficial	Transferência de informações do modelo de informação a partir de aplicativos de planejamento e design para aplicativos CAFM ³ e CMMS ⁴ , bem como a transferência de informações de modelo de informação a partir de software de construção e comissionamento para aplicativos CAFM e CMMS.
IFC2x3 TC1	<i>Structural Analysis View</i>	Oficial	O modelo de análise estrutural, criado em uma aplicação de projeto estrutural por um engenheiro estrutural para uma ou várias aplicações de análise estrutural.
IFC4 ADD2 TC1	<i>Reference View</i>	Oficial	Representação geométrica e relacional simplificada de componentes espaciais e físicos para referência de informações de modelo para coordenação de projeto entre as disciplinas de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações (MEP).

³ *Computer Aided Facility Management* – Gerenciamento de Facilidades Auxiliado por Computador

⁴ *Computerized Maintenance Management System* – Sistema Computadorizado de Gerenciamento de Manutenção

Quadro 5 – Relação dos tipos de MVD (conclusão)

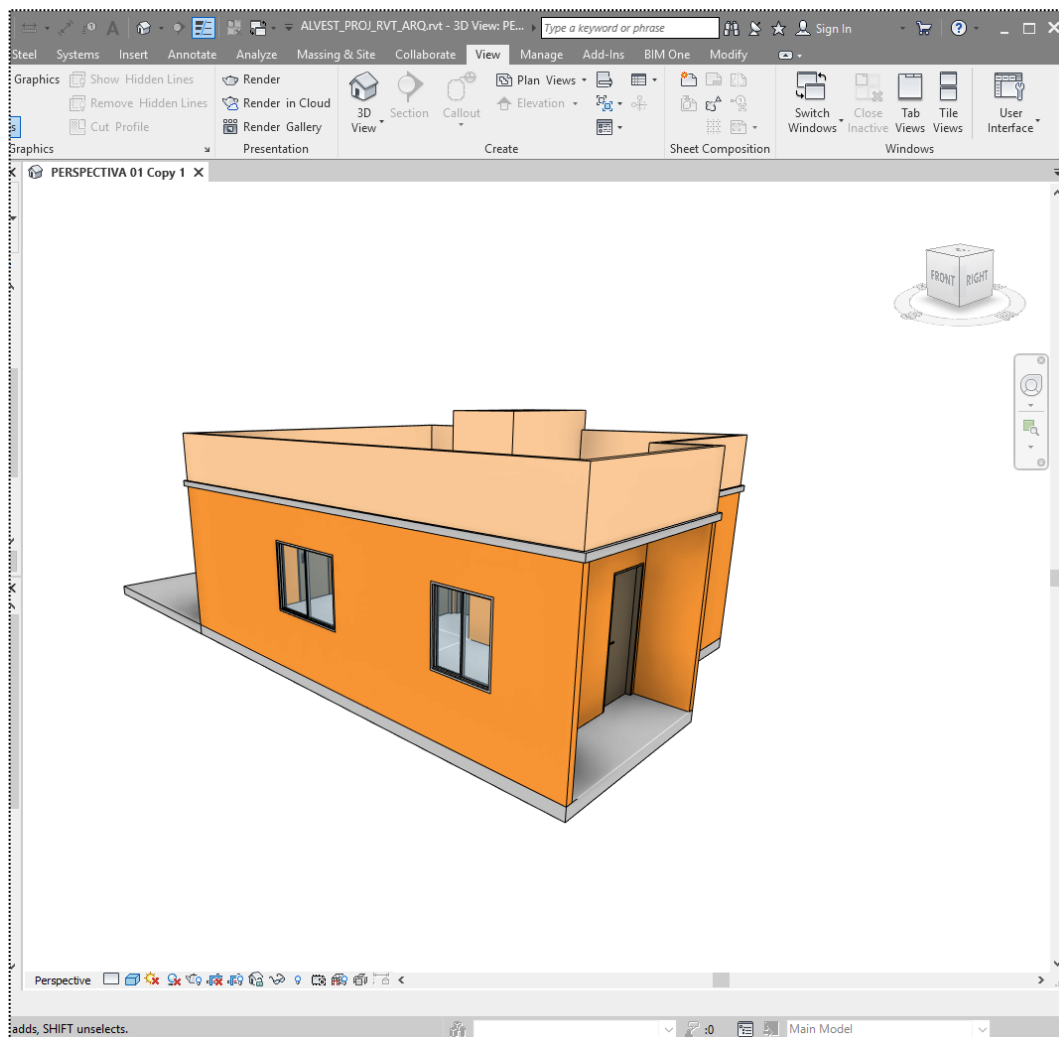
ESQUEMA <i>IFC</i>	TIPO DE MVD	SITUAÇÃO	SÍNTESE
IFC4 ADD2 TC1	<i>Design Transfer View</i>	Oficial	Representação geométrica e relacional avançada de componentes espaciais e físicos para permitir a transferência de informações de modelo de uma ferramenta para outra. Não é uma transferência "de mão dupla", mas uma transferência de dados e responsabilidade com maior fidelidade.
IFC4 ADD2 TC1	<i>Quantity Takeoff View</i>	Em desenvolvimento	Estimar e acompanhar o consumo de materiais e custos de construção.
IFC4 ADD2 TC1	<i>Energy Analysis View</i>	Em desenvolvimento	Estimar e acompanhar o consumo de energia e custos correlatos.
IFC4 ADD2 TC1	<i>Product Library View</i>	Em desenvolvimento	Informações e configurações do produto do fabricante.
IFC4 ADD2 TC1	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i>	Em desenvolvimento	Informações sobre o ciclo de vida para manutenção de equipamentos e sistemas dentro de edifícios.

Fonte: Adaptado de *buildingSMART (2019c)*.

Por meio das três figuras a seguir, ilustra-se a conversão de um projeto arquitetônico em formato nativo para o padrão *IFC* seguido de uma exemplificação de sua leitura em um software de fabricante distinto do que gerou o arquivo *IFC*. Esta ilustração visa ampliar o entendimento a respeito do padrão *IFC* sob o contexto da transferência de arquivos de modelos de informação.

Na Figura 2, tem-se uma captura de tela do *Autodesk Revit*, versão 2019 (ou *Revit*). Com o emprego desta ferramenta, busca-se ilustrar o resultado do trabalho de um projetista da disciplina de arquitetura. Para transferir seu trabalho autoral a outros atores, este profissional gera um *Model View* de seu trabalho. Neste exemplo, é gerado um *STEP IFC2x3 Coordination View*.

Figura 2 – Exemplo de projeto autoral de arquitetura desenvolvido com a ferramenta Autodesk Revit



Fonte: Autoria Própria.

O código-fonte do documento *IFC* gerado a partir do trabalho desenvolvido em *Revit* é apresentado na Figura 3. Nesta figura, tem-se a captura de tela do arquivo aberto pelo software *Visual Studio Code*. O código-fonte, porém, não está sendo apresentado em sua integridade, pois contém 79.359 linhas.

Figura 3 – Apresentação de código-fonte do arquivo exportado a partir do Autodesk Revit

```

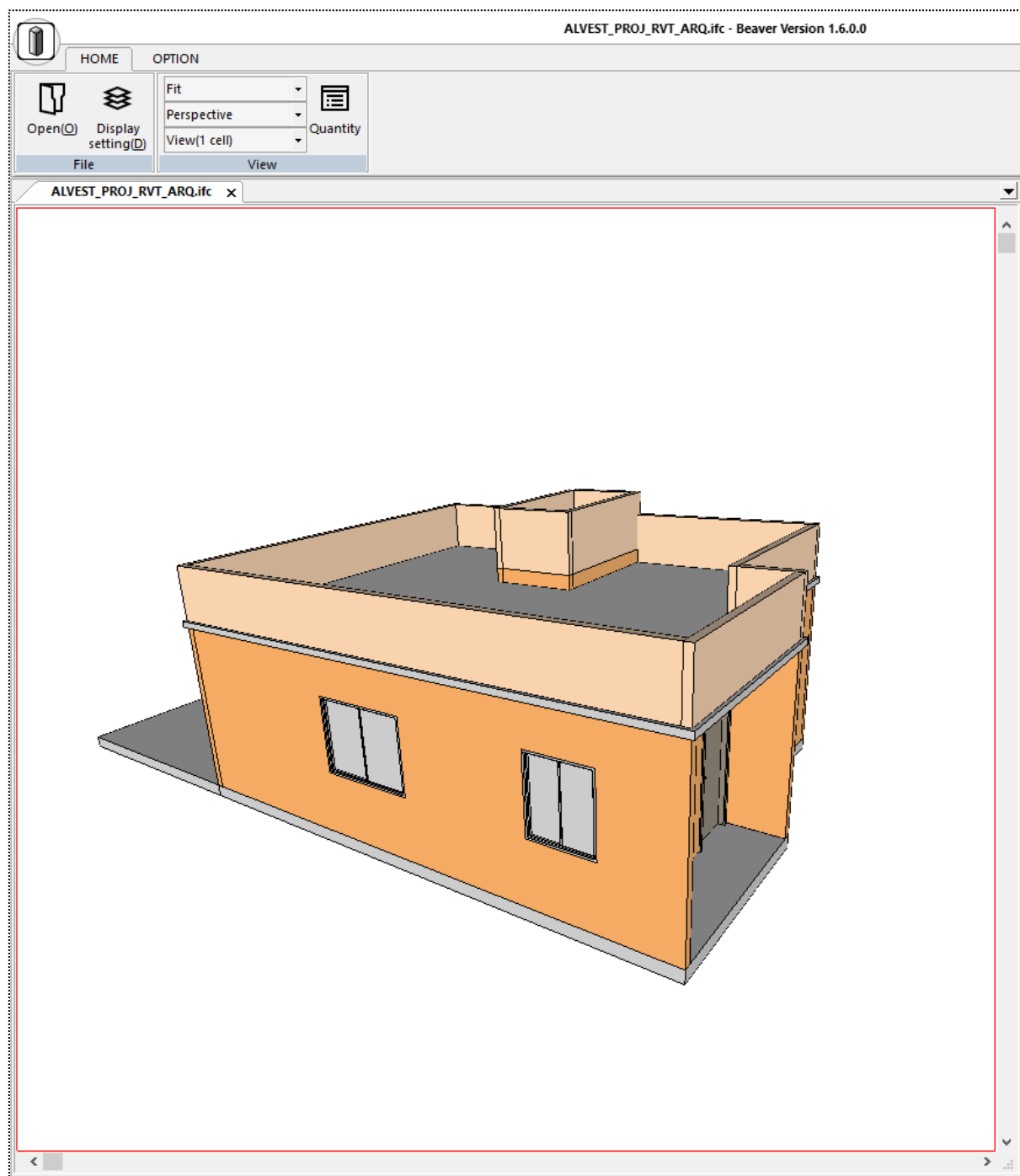
1  ISO-10303-21;
2  HEADER;
3
4  /*****
5  * STEP Physical File produced by: The EXPRESS Data Manager Version 5.02.0100.07 : 28 Aug 2013
6  * Module: EDMstepFileFactory/EDMstandAlone
7  * Creation date: Fri Aug 02 17:18:47 2019
8  * Host: DESKTOP-FB4ELHQ
9  * Database: C:\Users\dhps\AppData\Local\Temp\{0809DFDD-A231-45E2-9F65-57AADE60BF4A}\ifc
10 * Database version: 5507
11 * Database creation date: Fri Aug 02 17:18:39 2019
12 * Schema: IFC2X3
13 * Model: DataRepository.ifc
14 * Model creation date: Fri Aug 02 17:18:40 2019
15 * Header model: DataRepository.ifc_HeaderModel
16 * Header model creation date: Fri Aug 02 17:18:40 2019
17 * EDMuser: sdai-user
18 * EDMgroup: sdai-group
19 * License ID and type: 5605 : Permanent license. Expiry date:
20 * EDMstepFileFactory options: 020000
21 *****/
22 FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView_V2.0]'), '2;1');
23 FILE_NAME('V2.8', '2019-08-02T17:18:47', (''), (''), 'The EXPRESS Data Manager Version 5.02.0100.07 : 28 Aug 2013', '20180328');
24 FILE_SCHEMA(('IFC2X3'));
25 ENDSEC;
26
27 DATA;
28 #1= IFCORGANIZATION($, 'Autodesk Revit 2019 (ENU)', $, $, $);
29 #5= IFCAPPLICATION(#1, '2019', 'Autodesk Revit 2019 (ENU)', 'Revit');
30 #6= IFCCARTESIANPOINT((0., 0., 0.));
31 #9= IFCCARTESIANPOINT((0., 0.));
32 #11= IFCDIRECTION((1., 0., 0.));
33 #13= IFCDIRECTION((-1., 0., 0.));
34 #15= IFCDIRECTION((0., 1., 0.));
35 #17= IFCDIRECTION((0., -1., 0.));
36 #19= IFCDIRECTION((0., 0., 1.));
37 #21= IFCDIRECTION((0., 0., -1.));
38 #23= IFCDIRECTION((1., 0.));
39 #25= IFCDIRECTION((-1., 0.));
40 #27= IFCDIRECTION((0., 1.));

```

Fonte: Autoria Própria.

Todas as linhas de código apresentadas na Figura 3 normalmente não são direcionadas à leitura humana. Empregam-se softwares para interpretá-las, como demonstra a Figura 4. O software *BIM BEAVER* é empregado para visualização de arquivos *IFC*. É importante empregá-lo neste exemplo, pois é um programa que não é desenvolvido pela mesma desenvolvedora do Revit, a Autodesk.

Figura 4 – Visualização de arquivo *IFC* com o auxílio da ferramenta BIM BEAVER



Fonte: Autoria Própria.

Assim, conforme representado na Figura 4, o modelo de informação em 3D, carrega a mesma volumetria e cores do modelo proprietário que o originou. Embora não estejam espacialmente representadas, outras características do modelo são inseridas e lidas a partir do arquivo *IFC* de coordenação. Deste modo, entende a eficácia e relevância do uso do padrão *IFC* diante de um contexto de projeto interdisciplinar.

2.1.6. Fluxogramas Específicos Correspondentes às Macro-fases Projeto Conceitual e Anteprojeto

Em estudo comparativo realizado pela CBIC (2016b), o fluxo de trabalho tradicional, que é baseado em documentos e desenhos CAD, e o fluxo de trabalho em BIM são descritos por meio de logigramas, onde, segundo o mesmo autor, “cada linha corresponde a uma atividade diferente e no qual estão identificados todos os participantes, bem como o papel que assumem nas correspondentes atividades”. Ambos fluxogramas estão limitados às etapas de projeto conceitual e anteprojeto.

No que diz respeito ao fluxo tradicional, pode-se observar uma predominante independência entre entes de projeto, onde o projeto arquitetônico é enviado ao engenheiro estrutural, e o projetos estrutural e arquitetônico são enviados ao engenheiro de instalações; por fim, os projetos são revisados. Diferentemente, no fluxo BIM, um sistema colaborativo é predominante, de modo a avançar o desenvolvimento de um modelo único, e o projeto avança por marcos definidos através de níveis de desenvolvimento de projeto.

2.2. TECNOLOGIA DE REGISTRO DISTRIBUÍDO (*BLOCKCHAIN*)

A tecnologia *blockchain* tem muita relação com livros de registro contábil, que são meios de se manter o histórico da custódia de algo.

Em estudo realizado Provasi e Farag (2013), que apresenta um levantamento dos meios de registro, os sumérios são o povos mais antigos a manter registro através do emprego de tabletas de barro. Faz-se referência aos egípcios, que empregavam folhas de papiro. Tanto os sumérios como os egípcios tomavam nota por linguagem de símbolos. Os gregos, no século 20 (a.C.) empregavam a escrita para o registro sobre tabletas de mármore. Até então a metodologia de registro era do tipo de entrada única.

Os livros de registro de dupla entrada marcaram o início da contabilidade moderna, a partir do século 13, na Itália, onde se tem catalogadas as primeiras transações de débito e crédito (LEE, Geoffrey, 2009). A metodologia, denominada Contabilidade de Dupla Entrada, consiste na existência de dois registros, um no qual era registrada a saída de fundos, e outro no qual se registrava a entrada destes fundos. A Figura 5, exemplifica um livro de registro moderno, da Inglaterra no período da revolução industrial.

Figura 5 – Livro de registro de dupla entrada da companhia limitada J. and H. Hadden (1787-1797)

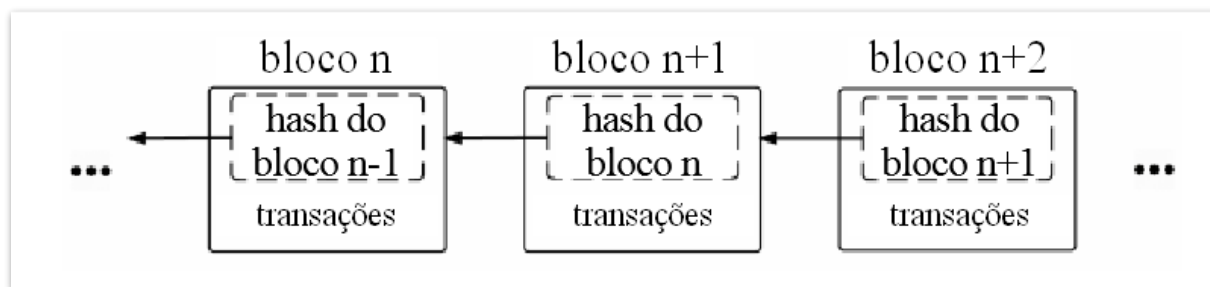
Fonte: University of Nottingham (2019).

A metodologia de registro em duas vias ainda hoje é empregada para manter o histórico de contas. Com o emprego da tecnologia da informação, não é mais necessário o emprego de livros físicos, o que acelera o processo de registro e leitura de informações, bem como facilita o cruzamento de informações.

2.2.1. Definição e funcionamento da tecnologia

Em uma tradução livre e literal da língua inglesa, *blockchain* (*block* = bloco, *chain* = cadeia) pode ser entendida como uma “cadeia de blocos”. A Tecnologia de Registro Distribuído ou *blockchain* é organizada de modo a registrar informações de transações em forma de uma cadeia de blocos, que são “interligados” de modo que o bloco imediatamente posterior possui a identificação do bloco imediatamente anterior como meio de garantir a imutabilidade das informações (ver Figura 6). Com o emprego de um processo computacional chamado de *hashing*, a identidade de um determinado bloco, que é única, é gerada a partir dos dados que este bloco contém. Assim, se um bloco qualquer é alterado, o valor do seu *hash* será diferente e, consequentemente, toda a cadeia de blocos se torna inconsistente.

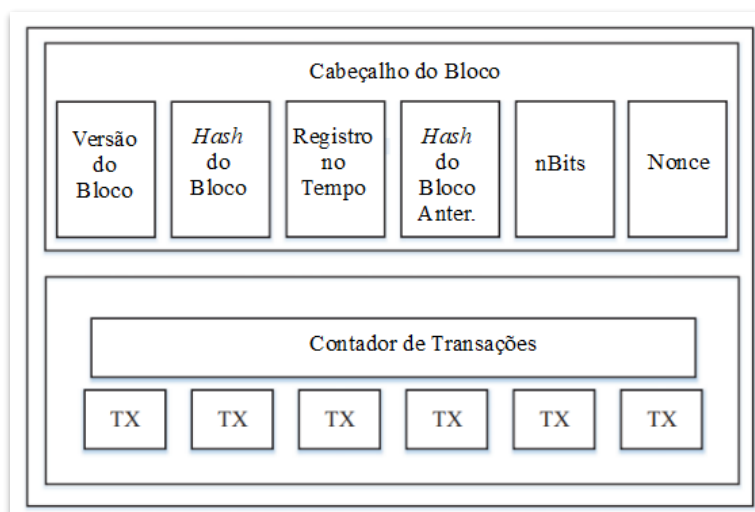
Figura 6 – Esquema de uma cadeia de blocos (*blockchain*)



Fonte: Adaptado de Christidis e Devetsikiotis (2016).

A estrutura de um bloco, esquematizada segundo Zheng (*et al.*, 2017), consiste em duas partes: o cabeçalho do bloco (*block header*) e o corpo do bloco (*block body*). O cabeçalho do bloco inclui informações como a versão do bloco, o valor *hash* de cada uma das transações contidas no bloco, registro do momento temporal em que o bloco foi gerado, e o valor *hash* do bloco anterior. O corpo do bloco contém a quantidade de transações e as transações (*TX*) (ver Figura 7).

Figura 7 – Esquematização de um bloco



Fonte: Adaptado de Zheng (*et al.*, 2017).

A tecnologia *blockchain* é um banco de dados distribuído e descentralizado que serve a função análoga a um livro de registro de transações. Além de ser um dispositivo virtual, a *blockchain* é concebida de modo que haja inúmeras réplicas (distribuída), que o controle dos registros não esteja sob responsabilidade de um único ente (descentralizada), e que os registros

sejam incrementais. Cada ente em uma *blockchain* é chamado de nó (*node*), e cada nó pode ser responsável por validar as transações escritas em um bloco (*mineradores*). Quando um bloco é validado, este é inserido na rede *blockchain* de modo que cada nó possua uma cópia atualizada do livro de registros.

A Figura 8 ilustra três tipos de arquitetura de uma rede: distribuída, centralizada e a descentralizada. Em uma arquitetura centralizada tem somente um responsável (em amarelo) por distribuir a informação aos nós (em azul). E uma arquitetura descentralizada, não somente um responsável (pontos amarelos) por distribuir informação aos nós (pontos em azul). Por fim, em uma arquitetura distribuída, os nós são responsáveis pela curadoria da informação.

Figura 8 – Arquiteturas de rede



Fonte: Adaptado de STEEMIT (2018).

O processo pelo qual os blocos são criados e incluídos na cadeia de blocos é denominado Mineração. A validação de uma transação e posterior registro em uma rede *blockchain* é chamada de consenso. Existem diversos mecanismos que possibilitam a distribuição da responsabilidade de validar as transações registradas nos blocos e posterior escrita na *blockchain*. Segundo Alves, Laigner e Nasser (2018), os mecanismos de consenso mais comuns são a Prova de Trabalho (*PoW*) e Prova de Participação (*PoS*). Os mecanismos de consenso são responsáveis por imputar uma camada de dificuldade à escrita permanente das transações em uma rede *blockchain*, que por consequência dificultará a escrita de transações fraudulentas na rede. O mecanismo de consenso empregado em um protocolo *blockchain* é definido por ocasião de seu desenvolvimento, podendo existir mais de um.

De acordo com Schwab (2017), *blockchain* é um registro que é distribuído, programável, criptograficamente seguro, sem controle central, e auditável. Quando empregada, a tecnologia *blockchain* é subjacente a aplicações que necessitem dessas características. A primeira aplicação da tecnologia *blockchain* ocorreu no âmbito financeiro para prevenir o gasto duplo em transações com moedas digitais (NAKAMOTO, 2008). Já Buterin, (2014), demonstrou que a tecnologia *blockchain* não era útil apenas no âmbito financeiro, mas também para a implementação de um dispositivo automático de execução de contratos elucidado por Szabo (1997), conceituado como contrato inteligente. De acordo com Savelyev (2018), a tecnologia *blockchain* também é estudada para o emprego em registro de propriedade de direitos autorais e controle de versão de arquivos digitais. A Internet das Coisas (*IoT*), conceito onde dispositivos conectam-se à internet e comunicam entre si e com pessoas, também pode ser potencializada com o emprego da tecnologia *blockchain* Christidis e Devetsikiotis (2016).

2.2.2. Componentes de uma *blockchain*

De acordo com Antonopoulos e Wood (2018a), os componentes de uma *blockchain* são normalmente:

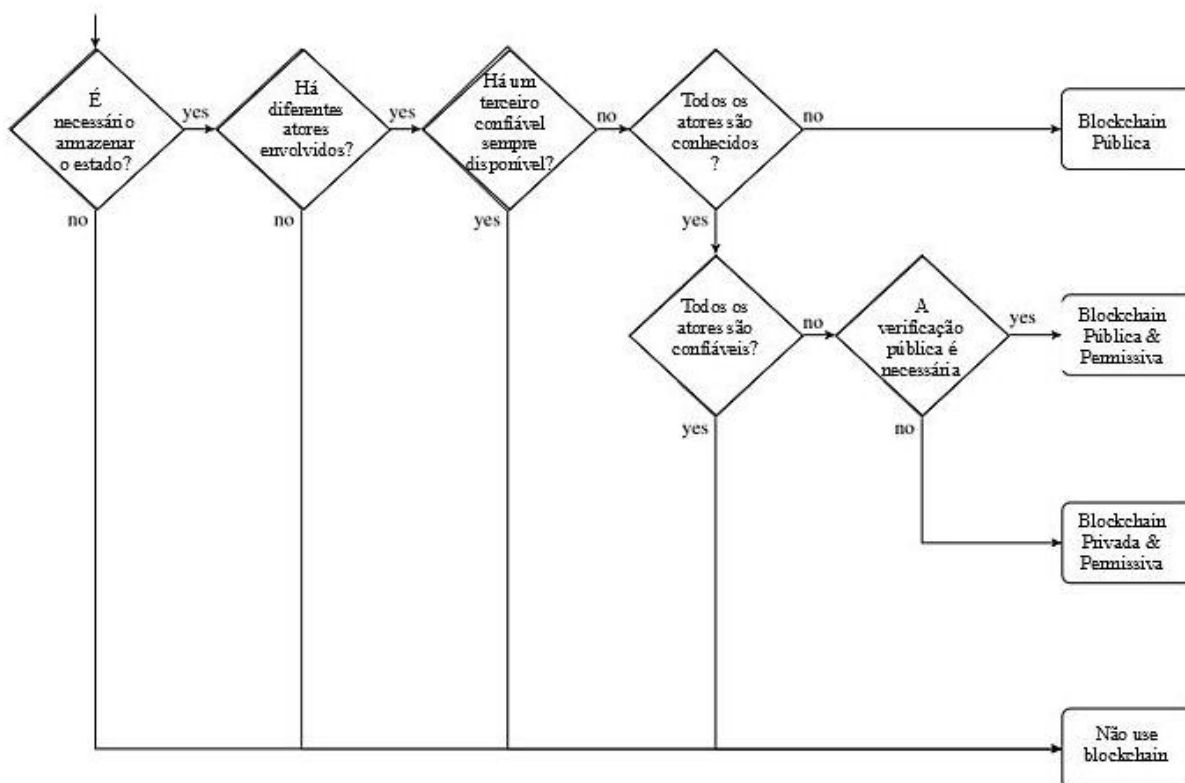
- Uma rede ponto a ponto (P2P) conectando participantes, bem como propagando transações e blocos de transações verificadas, baseado em um protocolo;
- Um aparato de regras de consenso, estabelecendo o que constitui uma transação e o que torna uma transação válida;
- Uma máquina de estado que processa as transações sob as regras de consenso estabelecidas;
- Uma cadeia de blocos criptograficamente seguros expondo todas as modificações de estado validadas e aceitas;
- Um algoritmo de consenso que descentraliza o controle da *blockchain*, forçando os participantes a cooperar no cumprimento das regras de consenso;
- Um sistema de incentivo econômico para garantir a integridade dos dados de estado, em um ambiente de livre acesso.

2.2.3. Fluxograma de aplicabilidade da tecnologia *blockchain*

Mesmo que o banco de dados distribuído *blockchain* apresente várias características

positivas, este não é adequado a qualquer demanda. Existe um fluxograma (Figura 9) desenvolvido por Wust e Gervais (2018), que auxilia a definição da adequabilidade da tecnologia *blockchain*.

Figura 9 – Um fluxograma para determinar se a tecnologia *blockchain* é a solução técnica apropriada para resolver um problema



Fonte: Adaptado de Wust e Gervais (2018).

A depender das respostas, podem-se empregar três tipos de *blockchain*, que de forma ampla diferenciam-se quanto ao acesso (fechadas ou abertas) e quanto à gestão (centralizada ou descentralizada):

- **Blockchain pública:** abertas e de gestão descentralizada (*Bitcoin*⁵ ou *Ethereum*⁶);
- **Blockchain permissiva:** abertas e de gestão centralizada (*Hyperledger Fabric*⁷ ou *R3 Corda*⁸);
- **Blockchain privada:** fechadas e de gestão centralizada (*Ripple*⁹).

⁵ bitcoin.org/en/

⁶ www.ethereum.org

⁷ www.hyperledger.org/projects/fabric

⁸ www.r3.com/

⁹ www.ripple.com/

2.2.4. Ethereum blockchain

O projeto *Ethereum* teve início em 2013 a partir da necessidade de se ir além de aplicar *blockchain* para a implementação de criptomoedas. Até 2013, seria possível desenvolver aplicações sobre a *blockchain* da criptomoeda proeminente, a Bitcoin, ou desenvolver uma *blockchain* completamente nova. Considerou-se que implementar sobre a *blockchain* da Bitcoin esbarraria em diversas dificuldades ligadas a pouca flexibilidade e limitada escalabilidade, criar uma nova solução de *blockchain* foi a saída (ANTONOPOULOS e WOOD, 2018a). Uma implementação da tecnologia *blockchain* é o projeto *Ethereum* (ou somente *Ethereum*), cuja ampla disponibilização ocorreu em 30 de julho de 2015 (BUTERIN, 2017).

A *blockchain Ethereum* é uma infraestrutura computacional de código aberto descentralizada que executa programas denominados “contratos inteligentes” (*smart contracts*) por meio do emprego da tecnologia *blockchain* (ANTONOPOULOS e WOOD, 2018a). Dentro deste projeto, a tecnologia *blockchain* tem o papel de armazenar e sincronizar as mudanças do estado de todo o sistema. Outro aspecto, é o emprego de uma moeda virtual, denominada *Ether*, para regular e restringir o consumo de recursos da infraestrutura computacional. A *blockchain Ethereum* difere-se, essencialmente, dos computadores convencionais é que as modificações de estado são governadas por mecanismos de consenso e o estado é distribuído globalmente.

O conceito de “estado”, dada sua importância e potencial ambiguidade na língua portuguesa pode ser explicado por meio do exemplo a seguir: Considera-se uma xícara de café, cujo estado pode ser analisado pelo seu preenchimento com café (vazia, meio cheia, ou completamente cheia). Cheia, vazia, ou meio cheia são estados distintos de xícara de café, sob o ponto de vista de seu preenchimento (DAY, 2018).

O emprego da plataforma *Ethereum* possibilita que sejam desenvolvidas aplicações descentralizadas dotadas de grande disponibilidade, auditabilidade, transparência e neutralidade.

A Máquina Virtual *Ethereum* (EVM)

Em um computador convencional, de maneira simplificada, para um programa funcionar é necessário que ele seja escrito em uma determinada linguagem de programação (ex.: Python, C#, C++, Java etc.), compilado e por fim executado. A escrita de um programa acontece com o emprego uma linguagem composta por um conjunto de regras, a sintaxe. A linguagem de programação tende a facilitar o trabalho do programador, porém um software

escrito em nesta linguagem não é lido diretamente pelo computador. Existe uma etapa de tradução, chamada de compilação, onde é feita a tradução das linhas de código, facilmente lidas por humanos, para uma “linguagem” que é facilmente lida pelo computador. Por fim, a execução seria então o cumprimento das regras por parte do computador.

Um computador que segue as instruções (algoritmos) que estão escritas nas linhas de código, de modo passo a passo (mesmo que infinitamente), é uma abstração descrita por Alan Turing, chamada de Máquina de Turing (DAY, 2018). A plataforma *Ethereum* é um computador cujo poder de processamento é distribuído por toda a rede *Ethereum*. Nesta plataforma, a *EVM* (*Ethereum Virtual Machine*) é responsável por manusear a instalação e execução dos contratos inteligentes, que são softwares escritos em linguagem *Solidity*.

Se um computador convencional é solicitado a executar um código que não termina, é possível forçar sua finalização. Considerando que o computador *Ethereum* está distribuído e replicado em grande número, é impossível forçar a finalização dos seus processos. Para que não haja o risco da execução eterna dos códigos submetidos à EVM, toda execução de tarefa é mensurada em termos de *GAS*. A *GAS* é a unidade de medida de recursos computacionais e de armazenamento necessários para a execução das ações na *blockchain Ethereum*.

A *EVM* é uma máquina aproximadamente análoga a uma Máquina de Turing. A execução das tarefas escritas no contrato inteligente por parte da *EVM* está limitada a quantidade de *GAS* disponível. Assim, todo processo executado pela EVM é finito ainda que o algoritmo descreva uma execução infinita do código (ANTONPOULOS e WOOD, 2018b).

A moeda *Ether*

Para que um contrato inteligente seja executado é necessário que a infraestrutura da *blockchain Ethereum* seja remunerada. A moeda utilizada dentro da *blockchain Ethereum* é a *Ether* (*ETH*). Esta moeda é empregada para o pagamento das transações, que são ordens para a execução de contratos inteligentes enviadas à *EVM*.

Toda transação executada pela EVM consome uma certa quantia de *GAS*. Se uma transação demanda muita força computacional, maior quantidade de *GAS* será necessária. De mesmo modo, se uma transação precisa ocorrer o quanto antes, deverá se empregar mais *GAS* caso a execução ocorresse em maior espaço de tempo. Podem-se comparar o *GAS* ao combustível que um veículo consome para ir de “A” até “B”. Sendo assim, demanda de combustível deste veículo estará atrelada ao seu carregamento e ao tempo que se deseja levar

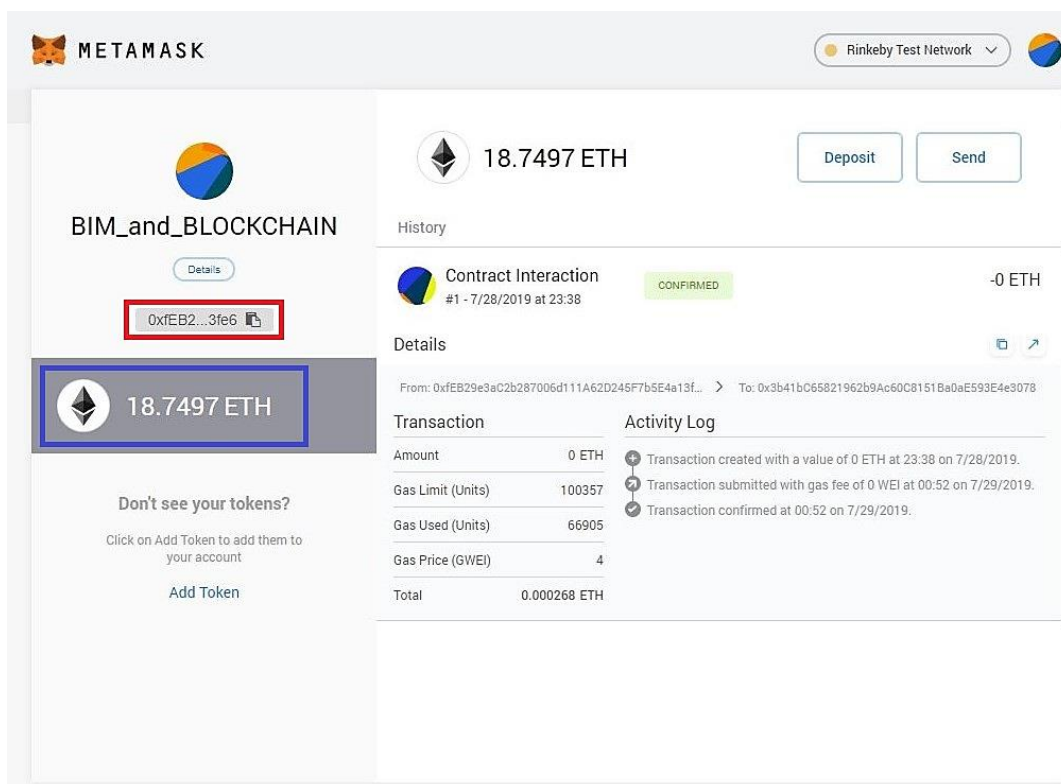
para percorrer o trajeto.

A razão de existência de GAS é que este é o meio de incentivar os indivíduos (mineradores) a empregarem sua força computacional na execução da transação. Cada unidade de GAS tem uma relação flutuante (câmbio) com a Ether. Assim, a execução de um contrato implicará em uma despesa operacional, em Ether. Além do pagamento do combustível, é necessário pagar uma taxa, em Ether, que não tem valor estipulado; porém se muito baixa, não haverá a execução da transação. Assim, o custo operacional da execução de transações em *blockchain Ethereum* é composto pela despesa com GAS somada à taxa.

Carteiras sob o contexto da *blockchain Ethereum*

As carteiras (*wallets*) são uma terminologia para descrever um software que serve primariamente como interface de usuário para utilizar a plataforma *Ethereum*. As carteiras são usadas para controlar o acesso ao *Ether* (dinheiro) de usuários, gerenciar chaves de acesso e endereços, rastrear o saldo, e criar e assinar transações (ANTONOPOULOS e WOOD, 2018c).

Figura 10 – Carteira para *blockchain Ethereum*



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 10 é apresentada uma carteira que é empregada nas transações da *blockchain Ethereum*. Destacado em vermelho está o endereço da carteira (0xfEB29e3aC2b287006d111A62D245F7b5E4a13fe6) que é um valor único, e destacado em azul está o saldo da carteira, 18,7499 *Ether*.

2.3. PROVA DOCUMENTAL SOB A ÓTICA DO DIREITO PROCESSUAL CIVIL BRASILEIRO

2.3.1. Conceito de documento

Abordar neste trabalho, mesmo que de maneira superficial, como os documentos de modo geral têm sua existência registrada é de grande importância. Cabe lembrar que não é objetivo deste trabalho ir a fundo nas questões jurídicas.

Isto posto, parte-se para o entendimento do primeiro conceito, o de “documento”. Um documento, de modo breve, é o registro de um fato (MARCACINI, 1999). Documentos servem ao propósito de, ao longo do tempo, possibilitar a quem interessar a consulta de fatos neles narrados. Um documento tem função registro histórico, por assim dizer.

Para Didier Jr., Braga e Oliveira (2015), o conceito de documento é composto por três elementos, que são: (a) documento é coisa, (b) documento é coisa representativa de um fato, e (c) documento é coisa representativa de um fato por obra da atividade humana.

O entendimento de que documento é coisa se dá porque, segundo Marcacini (1999), documento remete a algo tangível. Assim o objeto que documenta determinado fato é o próprio documento. Previamente a introdução de meios eletrônicos de documentação, esta definição permaneceu válida. Com a introdução de documentos eletrônicos, intangíveis se comparados à definição de coisa, tornou-se necessária a atualização do conceito de documento compreendendo a ideia de que é coisa representativa. A atividade humana é o pressuposto da existência de documento, mesmo que, em determinados casos, ele não decorra da atividade humana.

Um conceito atual de documento, para abranger também o documento eletrônico, deve privilegiar o pensamento ou fato que se quer perpetuar e não a coisa em que estes se materializam. Isto porque o documento eletrônico é totalmente dissociado do meio em que foi originalmente armazenado. Um texto, gravado inicialmente no disco rígido do computador do seu criador, não está preso a ele. Assumindo a forma de uma sequência de bits, o documento eletrônico não é outra coisa que não a sequência

mesma, independentemente do meio onde foi gravado. Assim, o arquivo eletrônico em que está este texto poderá ser transferido para outros meios, sejam disquetes, *Keep* ('CDs'), ou discos rígidos de outros computadores, mas o documento eletrônico continuará sendo o mesmo (MARCACINI, 1999).

Documento, portanto, não é apenas o objeto tangível, mas a documentação, física ou digital, de algo oriundo da atividade humana. Assim, os documentos são meios empregados na construção de provas, por justamente representarem fatos.

2.3.2. Documento e a prova documental

Em um processo, o documento é a fonte da prova (DIDIER JR., BRAGA e OLIVEIRA, 2015). Consulta-se um documento com o objetivo de se extrair informações acerca de um ato ou fato em questão. Já a prova documental é uma maneira da qual se faz uso para levar essa fonte ao processo para análise judicial, servindo de ligação entre o fato e a mente do juiz.

2.3.3. Autoria material e autoria intelectual

Uma vez que a autoria do documento é um pressuposto de sua existência, o autor é a pessoa a quem se atribui sua formação SANTOS (1949) citado por DIDIER JR., BRAGA e OLIVEIRA (2015). Ainda segundo os mesmos autores, a autoria divide-se em: (a) autoria material, atribuída a quem gerou o documento; (b) autoria intelectual, atribuída ao indivíduo idealizador do documento.

Para o Código de Processo Civil (CPC), em seu art. 410, é considerado o autor de um documento: (inciso I) aquele que o fez e o assinou; (inciso II) aquele por conta de quem ele foi feito, estando assinado; (inciso III) aquele que, mandando compô-lo, não o firmou porque, conforme a experiência comum, não se costuma assinar, como livros empresariais e assentos domésticos (BRASIL, 2015).

Segundo Theodoro Jr. (2015), “para que o documento seja eficaz como meio de prova, é indispensável que seja subscrito por seu autor e que seja autêntico.” Entende-se, portanto, que a identificação da autoria de um documento é de suma importância haja vista que esta não é de um único tipo e tem impacto direto na autenticidade do documento.

2.3.4. Ata notarial

A ata notarial é um meio pelo qual os indivíduos têm para documentar a ocorrência de

eventos ou existência de algo. O reconhecimento notarial com o uso de atas notariais ocorre por meio da contratação de um indivíduo dotado de fé pública, o notário, que narra em uma ata fatos a ele apresentados ou por ele percebido. A ata notarial é descrita no CPC, em seu art. 384. Theodoro Jr. (2015) ressalta que “o notário não dá autenticidade ao fato, apenas o relata com autenticidade”.

O aumento do emprego da tecnologia BIM no âmbito da construção civil passará a levantar preocupações no tocante a autoria e a responsabilidade atribuída entre os diversos colaboradores de um determinado empreendimento. A tecnologia BIM inspira a seus variados atores trocar informações (colaborar) ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Conforme apresentado ao longo deste trabalho, esta troca de informações, que ocorre por meio de arquivos digitais entre as diversas partes envolvidas, é objeto de preocupação.

Embora a problemática deste trabalho seja tão recente quanto o emprego da tecnologia BIM, propor uma solução com o uso de uma tecnologia disponibilizada pelos cartórios auxilia o leitor a se situar e compreender o processo análogo e os ganhos com a substituição de uma metodologia analógica (cartórios) pela digital (*blockchain*). Assim, entende-se que o emprego de atas notariais é uma solução convencional e analógica de dar autenticidade ao controle autoral mantido pela equipe de projeto.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Entre as etapas cumpridas para o alcance dos objetivos deste trabalho, inicialmente, o levantamento exploratório bibliográfico possibilitou ampliar o conhecimento acerca do estado da arte da tecnologia BIM e da tecnologia *blockchain*, além de estabelecer relações entre as duas tecnologias. Após a pesquisa bibliográfica exploratória sobre a tecnologia BIM, estabeleceu-se um fluxo de trabalho hipotético para projeto de edificações mediante o emprego da tecnologia BIM. O fluxo de trabalho escolhido foi então empregado para a realização de simulações teóricas de trocas de arquivos de coordenação em ambiente de projeto em BIM.

Para analisar o emprego da tecnologia *blockchain* foi realizado um levantamento das ferramentas de código aberto para registro de autorias de documentos que utilizassem a *blockchain* pública *Ethereum*. As ferramentas foram levantadas dentro repositório GitHub.com, através do emprego de palavras-chave, com o critério de apresentação de respostas à busca sendo o de “melhor resposta”.

Todo o processo de pesquisa através da metodologia apresentada, cujo resumo está disposto no Quadro 6, permitiu a apresentação de conclusões acerca da viabilidade de emprego experimental da tecnologia *blockchain* e compará-la ao emprego de atas notariais para a validação das operações dos diversos atores.

Quadro 6 – Resumo do processo de pesquisa (continua)

FASE	OBJETIVO ESPECÍFICO	FONTE DE EVIDÊNCIA	FERRAMENTA
DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA	– Panorama do emprego da tecnologia BIM; – Fundamentação do tema a ser estudado; – Estabelecimento da tecnologia como agente solucionador da problemática.	– Revisão de literatura.	– Bases de dados: – ScienceDirect – ASCE Library – Emerald – Springer Link – Taylor & Francis – Google Scholar – Livros técnicos.
EXPLORATÓRIA	– Busca de dados científicos que descrevam a adoção da tecnologia BIM; – Investigar o funcionamento de um ambiente colaborativo para a elaboração de projetos no âmbito da construção civil;	– Revisão sistemática de literatura.	– Método <i>SSF</i> .

Quadro 6 – Resumo do processo de pesquisa (conclusão)

FASE	OBJETIVO ESPECÍFICO	FONTE DE EVIDÊNCIA	FERRAMENTA
	– Identificar fluxos de trabalho/projeto em tecnologia BIM; – Levantamento dos estudos que correlacionam as tecnologias BIM e <i>BLOCKCHAIN</i>.		
	– Levantamento das ferramentas que empregam a tecnologia <i>BLOCKCHAIN</i> e que fossem aplicáveis às demandas autorais da tecnologia BIM.	– Busca em repositório de software de código aberto.	– Palavras-chave.
SIMULAÇÕES E ANÁLISES	– Testar ferramenta de registro autoral; – Levantar potenciais custos operacionais; – Comparar custos de registro de autorias frente a Atas Notariais; – Descrição de limitações.	– Simulações teóricas em fluxo de trabalho BIM adotado.	– Recorte bibliográfico obtido durante a etapa exploratória.

Fonte: Autoria Própria.

Descrevem-se a seguir, em tópicos a metodologia empregada em cada etapa excetuando-se a etapa de “definição da problemática”.

3.1. ETAPA EXPLORATÓRIA

Em primeiro momento foi empregada a Revisão Sistemática de Literatura com objetivo de levantar e catalogar estudos publicados por meio de publicados em bases de dados.

3.1.1. Revisão sistemática

O procedimento de revisão sistemática da literatura acadêmica foi baseado no método SSF – SystematicSearchFlow, desenvolvido por Ferenhof e Fernandes (2016), cuja estruturação é conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Estruturação do Método SSF (continua)

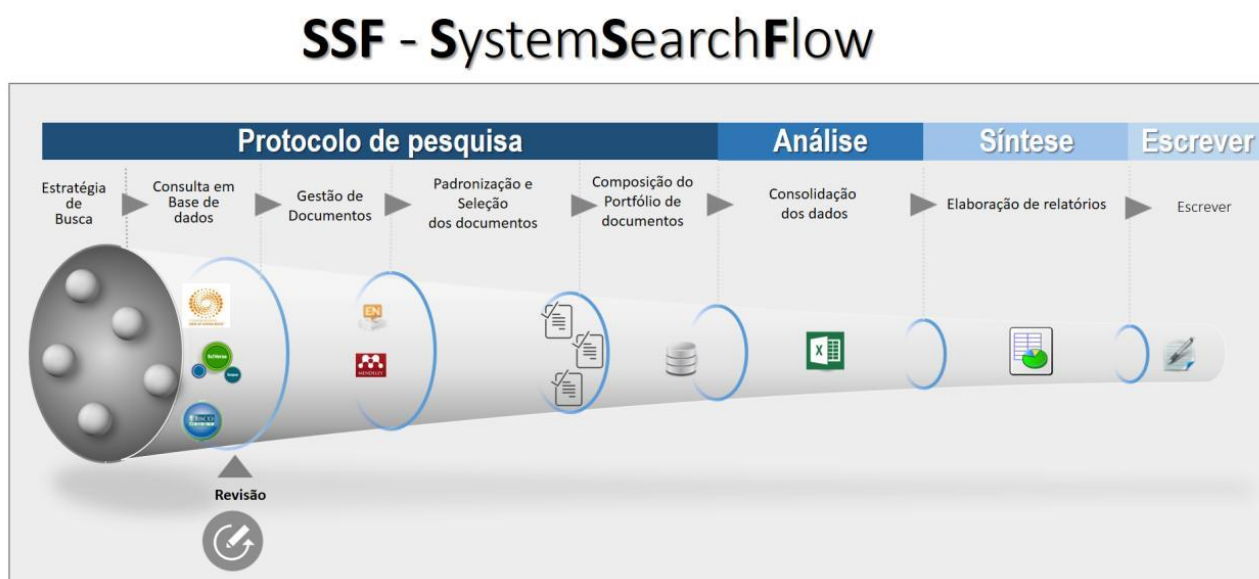
ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO SSF
Mapeamento do campo mediante uma revisão de escopo.
Pesquisa exaustiva.

Quadro 7 – Estruturação do Método SSF (conclusão)

Avaliação da qualidade, que compreende a leitura e seleção dos trabalhos.
Extração de dados, que se refere à coleta e captura de dados relevantes em uma planilha de preconcebida.
Síntese, que compreende na síntese dos dados extraídos para mostrar o que é conhecido e fornece a base para o estabelecer o desconhecido.
Escrever.

Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016).

Segundo os autores “o método SSF foi desenvolvido com o intuito de sistematizar o processo de busca ou buscas à base de dados científicas a fim de garantir a repetibilidade e evitar viés do pesquisador”. Este método é composto por 4 fases e 8 atividades, apresentadas na Figura 11.

Figura 11 – Representação do método *SystematicSearchFlow* - SSF

Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016).

A seguir, no Quadro 8, são descritas as fases de revisão sistemática deste trabalho aplicadas sob o método *SystematicSearchFlow*.

Quadro 8 – Divisão das fases do método SystematicSearchFlow empregado

FASE 1: Protocolo de pesquisa	
ATIVIDADES	1.1) Estratégia de busca: Neste trabalho, empregou-se a base de dados <i>SCOPUS</i> , apresentando resultados até julho de 2019.
	1.2) Consulta à base de dados: Atividade de pesquisa desenvolvida por meio do emprego de palavras-chave combinadas entre si por meio operador lógico (<i>query</i>), o “AND”. Palavras-chave empregadas na pesquisa: - BIM (and) <i>BLOCKCHAIN</i> - BIM (and) <i>DATA OWNERSHIP</i> - BIM (and) <i>WORKFLOW</i> - BIM (and) <i>COLLABORATION</i> - <i>BLOCKCHAIN</i> (and) <i>DATA OWNERSHIP</i> - <i>BLOCKCHAIN</i> (and) <i>COLLABORATION</i> - <i>BLOCKCHAIN</i> (and) <i>SUPPLY CHAIN</i>
	1.3) Organização de um portfólio bibliográfico: Obtenção dos dados autorais dos artigos encontrados na busca à base de dados. Esta etapa foi auxiliada pela ferramenta <i>JabRef</i> ¹⁰ .
	1.4) Padronização da seleção dos artigos: Aplicou-se os seguintes filtros para a exclusão precoce dos artigos: - Filtro 1: Acessibilidade e análise de títulos, palavras-chave e resumos; - Filtro 2: Análise de introdução e da conclusão.
	1.5) Composição do portfólio de artigos: A leitura integral dos artigos, pelo autor do trabalho, não constituiu aplicação de mais um filtro; os artigos foram lidos integralmente sob demanda.
FASE 2: Análises	
ATIVIDADES	2.1) Consolidação dos dados; Identificou-se os conjuntos de padrões relevantes nos resultados.
	2.2) Interpretação dos dados; Verificou-se os autores mais citados.
FASE 3: Síntese	
ATIVIDADES	3.1) Síntese de informações: Elaborou-se uma tabela organizando os dados oriundos dos artigos.
FASE 4: Escrita	
ATIVIDADES	4.1) Consolidação dos resultados por meio da escrita científica: Composição da dos textos contidos neste trabalho.

Fonte: Autoria Própria.

¹⁰ www.jabref.org/

3.1.2. Busca em base de softwares de código aberto

Foi definido que seria empregada uma ferramenta para registro de autorias de documentos que fosse de código aberto, que, caso necessário, permitisse sua ampla modificação.

De acordo com a Indiana University (2019), código aberto (em inglês: *open source*) é um termo utilizado para descrever uma maneira de desenvolver e distribuir software que garanta a disponibilidade de uso, modificação e redistribuição a qualquer um. De maneira mais profunda, este trabalho realizou busca por ferramentas que seguissem os preceitos da *Open Source Initiative (OSI)*¹¹. A *OSI* é uma organização sem fins lucrativos, formada em 1998, que visa promover o desenvolvimento colaborativo de software. Esta organização estabelece alguns critérios para que um determinado software seja considerado de “código aberto”. Os critérios seguem apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Preceitos de um software de código aberto (continua)

LIVRE REDISTRIBUIÇÃO	A licença não deve restringir a ninguém de vender ou distribuir o <i>software</i> como um componente de uma distribuição agregada de software que contenha programas de várias fontes diferentes. A licença não exigirá royalties ou outras taxas pela venda.
CÓDIGO FONTE	O programa deve incluir código-fonte e deve permitir a distribuição em forma de código-fonte, bem como no formato compilado. Quando alguma forma de produto não é distribuída com o código-fonte, deve haver um meio bem divulgado de obter o código-fonte por não mais do que um custo razoável de reprodução, de preferência baixando via Internet sem custo. O código fonte deve ser a forma preferida empregada pelo programador para modificar o programa. O código-fonte deliberadamente ofuscado não é permitido.
TRABALHOS DERIVADOS	A licença deve permitir modificações e a existência de trabalhos derivados, e deve ainda permitir que estes sejam distribuídos sob os mesmos termos descritos na licença do software qual se originou.
INTEGRIDADE DO CÓDIGO FONTE DO AUTOR	A licença pode restringir o código fonte de ser distribuído em forma modificada somente se a licença permitir a distribuição de "arquivos <i>patch</i> " com o código fonte para modificar o programa no momento da compilação. A licença deve permitir explicitamente a distribuição de software construído a partir de código-fonte modificado.
NENHUMA DISCRIMINAÇÃO CONTRA PESSOAS OU GRUPOS	A licença não pode discriminar qualquer indivíduo ou grupo de pessoas.
NENHUMA DISCRIMINAÇÃO CONTRA ÁREAS DE ATUAÇÃO	A licença não deve restringir ninguém de fazer uso do programa em uma área específica de atuação. Por exemplo, não pode restringir o programa de ser usado em uma determinada empresa ou de ser usado para pesquisa genética.
DISTRIBUIÇÃO DE LICENÇA	Os direitos associados ao programa devem abranger todos aqueles a quem o programa é redistribuído sem a necessidade de execução de uma licença adicional por essas partes.

¹¹ opensource.org/history

Quadro 9 – Preceitos de um software de código aberto (conclusão)

LICENÇA NÃO DEVE SER ESPECÍFICA PARA UM PRODUTO	Os direitos associados ao programa não devem depender de o programa fazer parte de uma distribuição de software específica.
LICENÇA NÃO DEVE RESTRINGIR OUTRO SOFTWARE	A licença não deve impor restrições a outro software que seja distribuído junto com o software licenciado. Por exemplo, a licença não deve insistir que todos os outros programas distribuídos no mesmo meio sejam software de código aberto.
A LICENÇA DEVE SER NEUTRA EM TERMOS DE TECNOLOGIA	Nenhuma disposição da licença pode ser baseada em qualquer tecnologia individual ou estilo de interface.

Fonte: Adaptado de Open Source Initiative (2007).

Sempre que um software (de código aberto ou não) é redistribuído, este deve indicar sua licença de uso. A licença de código estabelece os termos sob os quais o licenciador disponibiliza seu código à comunidade. Foi fundamental a este trabalho que a ferramenta *blockchain* selecionada estivesse disponibilizada sob licença de código aberto.

Os softwares de potencial interesse a esta pesquisa estão disponíveis por toda a *WEB*¹². A existência de softwares é divulgada por meio de sites específicos, blogs ou repositórios. Um repositório relevante é o *GitHub*¹³, que permite a gestão do desenvolvimento de softwares com a participação de diversos colaboradores. O *GitHub* é também um meio de divulgar projetos de software para que sejam baixados (download). É uma plataforma que também permite que indivíduos consultem os códigos dos softwares ali hospedados e, caso seja queiram, façam modificações. As modificações podem ser sugeridas ao projeto original ou podem dar início a um novo projeto.

Assim, no repositório *GitHub*, realizou-se o levantamento das ferramentas de código aberto para registro de autorias de documentos que utilizassem a *blockchain* pública *Ethereum*. As ferramentas foram levantadas através das palavras-chave “*Ethereum*” e “*notary*”, dentro da categoria “Repositórios”. O critério de apresentação de informações utilizado foi o de “melhor resposta”.

Durante as buscas no repositório *GitHub*, a palavra “*Ethereum*” direcionou os resultados a uma *blockchain* pública especificamente. Para refinar a busca, a palavra “*notary*” fez com que o buscador apresentasse resultados de ferramentas que serviam a função de registrar e verificar a validade de arquivos.

As repostas foram analisadas, uma a uma, pela sequência em que o resultado das buscas

¹² Rede Mundial de Computadores

¹³ *GitHub.com*

apresentou. Os critérios de exclusão foram:

- Emprego de licença de código aberto e disponibilização do código fonte;
- A disponibilização de documentação;
- Suporte recente do desenvolvedor.

3.2. ANÁLISE DA FERREMENTA E DE SEUS CUSTOS

Durante a etapa de análise da ferramenta selecionada dedicou-se a: (a) executar as instruções contidas na documentação da ferramenta; (b) fazer os ajustes necessários para os testes locais; e (c) comparar o funcionamento se local assemelha-se com o descrito na documentação. No caso de sucesso das etapas descritas, prosseguiu-se para a simulação teórica do fluxo de trabalho, e análise de custos.

Para o levantamento de custos, foi importante estabelecer relação com as custas (despesas) relacionadas ao uso de atas notariais. O Quadro 10 apresenta o custo para a instalação do contrato inteligente na plataforma *Ethereum*, que deve normalmente ocorrer apenas uma vez. Este quadro também apresenta o custo de registro de um arquivo, que deve ocorrer inúmeras vezes, sempre que houver necessidade de registro da autoria de um projeto.

Quadro 10 – Custo operacional de registro autoral em *Ethereum blockchain*

TRANSAÇÃO	ETH	BRL*
Instalação do contrato inteligente de registro autoral na <i>blockchain Ethereum</i>	0,015050	R\$ 12,41
Custo médio de autenticação de existência	0,000442	R\$ 0,22
* Conversão cambial de referência onde 1 Ether é igual a R\$ 824,80, do dia 26-Jul-2019, 20:59 UTC.		

Fonte: Autoria Própria.

As atividades desempenhadas pelos cartórios, responsáveis pelas atas notariais, têm seu custo regulado e tabelado pelo poder judiciário. Os valores diferem-se em cada Estado, e neste trabalho são tomados por base as custas do Estado do Tocantins. O Quadro 11 apresenta uma síntese do Provimento 14/2016, com enfoque na seção de custas de expedição de atas notariais.

Quadro 11 – Custas para a emissão de atas notariais no Estado do Tocantins

ATA NOTARIAL SEM REFLEXO FINANCEIRO				
Serviço (ata)	Emolumentos	TFJ	FUNCIVIL	TOTAL
Até 03 (três) páginas.	R\$ 236,00	R\$ 7,08	R\$ 11,81	R\$ 254,89
Por página que crescer.	R\$ 35,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 35,00

Fonte: Adaptado de Poder Judiciário do Estado Do Tocantins (2016).

Se por um lado o custo operacional do registro autoral em *blockchain Ethereum* variou conforme o momento em que se realiza o ato de registro, o custo do serviço de ata notarial esteve sujeito às regulamentações de cada Estado do Brasil, conforme acima apresentado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção está estruturada de modo a apresentar os resultados do *SSF*, propor um fluxo de trabalho em projetos BIM, expor a experiência exploratória com a ferramenta *blockchain*, descrever o processo de projeto que integra a tecnologia *blockchain* ao fluxo de trabalho, e por fim apresentar um comparativo de custos.

4.1. RESULTADOS DO *SYSTEMATICSEARCHFLOW*

O emprego da SSR retornou inicialmente 1867 artigos. Para as queries em que os resultados retornados foram superiores a 200, decidiu-se descartar os artigos, dispostos em ordem decrescente de citação; assim, para estes casos, foram avaliados em filtro 1 e 2 os artigos nas posições de 1 a 100.

Após a aplicação dos filtros 1 e 2, e a remoção de duplicados, foram obtidos 24 trabalhos. Para melhor visualização dos resultados, dividiu-se os resultados quantitativos da aplicação do modelo em duas categorias de enfoque, uma em tecnologia BIM (Quadro 12), e a outra em tecnologia *blockchain* (Quadro 13).

Quadro 12 – Resultados da aplicação do SystematicSearchFlow com enfoque na tecnologia BIM

BASE DE DADOS	QUERIES: NÚMERO DE PUBLICAÇÕES OBTIDAS			
	BIM (and) BLOCKCHAIN	BIM (and) DATA OWNERSHIP	BIM (and) WORKFLOW	BIM (and) COLLABORATION
Scopus	16	32	133	514
	Total:			695
Filtro 1: Análise de títulos, palavras-chave, resumos:	9	14	15	22
Filtro 2: Análise de introdução e da conclusão:	4	1	1	11
	Total:			17

Fonte: Autoria Própria.

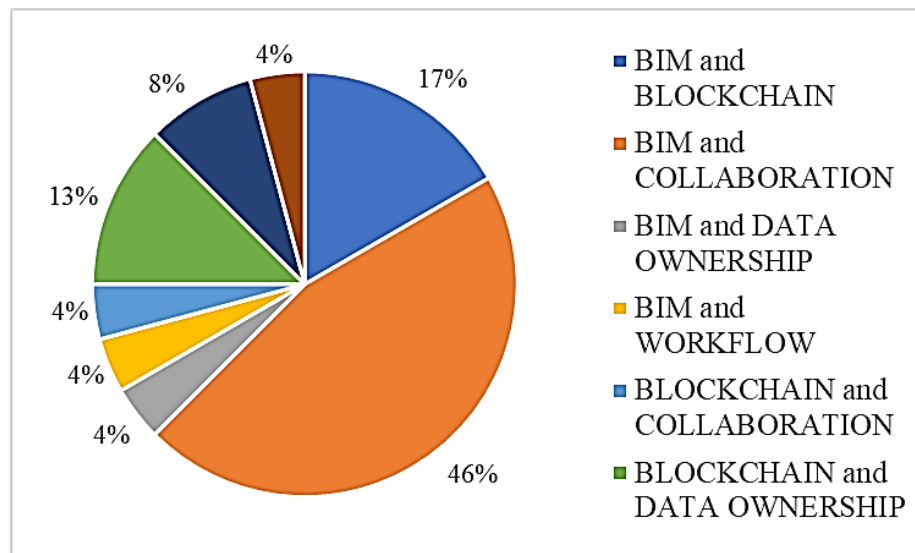
Quadro 13 – Resultados da aplicação do SystematicSearchFlow com enfoque na tecnologia *blockchain*

BASE DE DADOS	QUERIES: NÚMERO DE PUBLICAÇÕES OBTIDAS			
	BLOCKCHAIN (and) DATA OWNERSHIP	BLOCKCHAIN (and) COLLABORATION	BLOCKCHAIN (and) ETHEREUM	BLOCKCHAIN (and) SUPPLY CHAIN
Scopus	64	92	652	364
	Total:			1172
Filtro 1: Análise de títulos, palavras-chave, resumos:	13	11	8	11
Filtro 2: Análise de introdução e da conclusão:	3	1	2	1
	Total:			7

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 12 ilustra a distribuição dos artigos selecionados. A combinação (*query*) de “BIM and COLLABORATION”, corresponde pela maior concentração de trabalhos, seguida por “BIM and *BLOCKCHAIN*”, e “*BLOCKCHAIN* and DATA OWNERSHIP”.

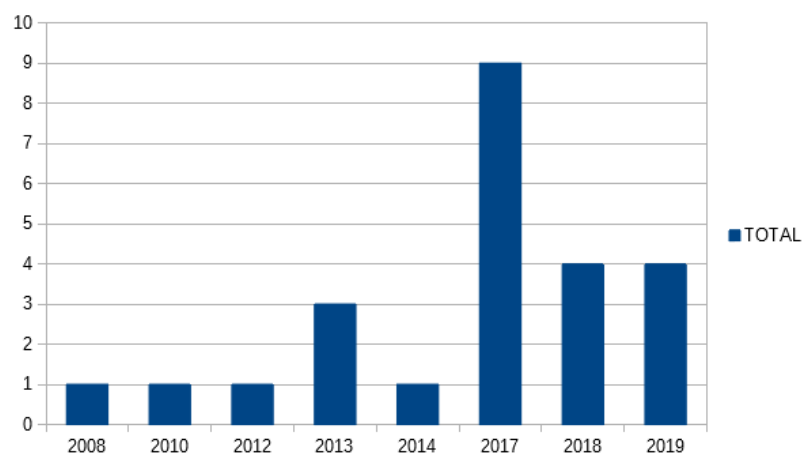
Figura 12 – Distribuição temática das publicações revisadas



Fonte: Autoria Própria.

A periodicidade para todas as queries, apresentada na Figura 13, demonstra que os trabalhos têm maior incidência nos anos de 2017, seguido dos anos de 2018 e 2019.

Figura 13 – Periodicidade das publicações obtidas



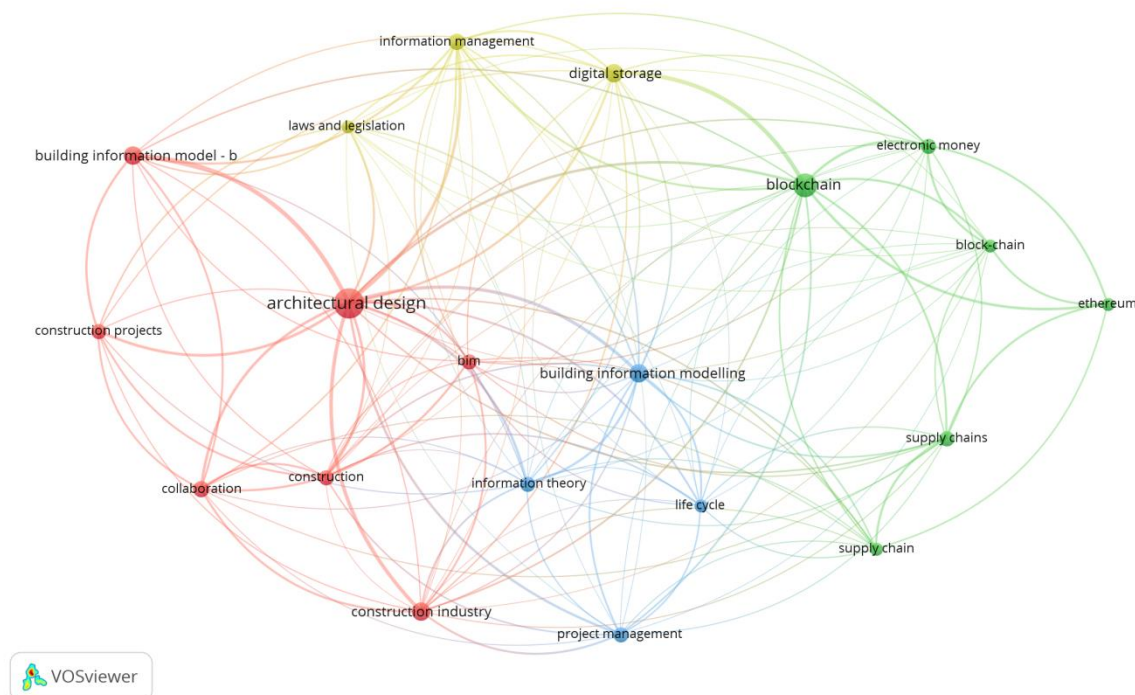
Fonte: Autoria Própria.

4.1.1. Mapeamento bibliométrico

O mapeamento bibliométrico foi uma metodologia empregada para ampliar o entendimento acerca dos resultados da RSS. De acordo com Eck (2011), um mapa bibliométrico pode ser usado para identificar as principais áreas de pesquisa de um campo da ciência, para obter entendimento acerca da dimensão de áreas do conhecimento, e para entender como áreas distintas se relacionam. Pode-se realizar o mapeamento bibliométrico com a ferramenta VOSviewer, que é um software para criação de mapas baseados em dados de rede, bem como para a visualização e exploração destes mapas (ECK e WALTMAN, 2019).

Foi relevante analisar a relação entre os 24 trabalhos obtidos. Com o auxílio do VOSviewer foi construído um mapa bibliométrico a partir dos dados bibliográficos de concorrência de todas as palavras-chave. O método de contagem foi o de contagem fracionada, onde cada ocorrência tem peso distinto. A quantidade mínima de repetição de cada palavra-chave foram três. Assim, das 283 palavras-chave, 20 foram inseridas no mapa. Por fim, o método de normalização das conexões foi o de “robustez da associação”. O mapa bibliométrico para as palavras-chave dos 24 trabalhos é apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Mapa de palavras-chave dos trabalhos selecionados



Fonte: Autoria Própria.

Através da visualização do mapa, podem-se notar o agrupamento das palavras em três grupos (clusters), dois ligados à construção civil (em cores verde e azul), e um ligado a tecnologia de registro distribuído *blockchain* (em cor vermelha). O mapa demonstra o entrelaçamento entre os dois grupos, como resultado de 140 conexões (*links*), de modo que as palavra-chave “*architectural design*”, “*building information modeling*” e “*blockchain*” apresentam maior relevância. Os trabalhos mais citados, separados por enfoque de pesquisa, estão apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 – Artigos mais citados por grupo

ENFOQUE	AUTOR	TÍTULO	CITAÇÕES	PUBLICAÇÃO
BIM	Eadie, R., <i>et al.</i> (2013)	BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis	183	Automation in Construction
BLOCKCHAIN	Bhargavan, K., <i>et al.</i> (2016)	Formal verification of smart contracts: Short paper	79	Association for Computing Machinery, Inc

Fonte: Autoria Própria.

Uma descrição dos trabalhos selecionados está organizada no Quadro 15, que lista os objetivos, metodologias e resultados.

Quadro 15 – Resumo dos trabalhos seleccionados (continua)

#	TÍTULO	TIPO DE TRABALHO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAL RESULTADO
1	<i>Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases (LI; GREENWOOD; KASSEM, 2019).</i>	Artigo	Analisar o cenário atual da Tecnologia de Registro Distribuído (DLT) no ambiente construído e no setor da construção com vistas a desenvolver uma abordagem coerente de implementação da DLT especificamente na indústria da construção.	Revisão sistemática de literatura. Desenvolvimento de uma estrutura para implementação de DLT.	Estrutura de emprego de DLT 1: DLT Four-Dimensional Model; Estrutura de emprego de DLT 2: DLT Actors Model
2	Asynchronous online collaboration in BIM generation using hybrid client-server and P2P network (CHEN, H.-M.; HOU, 2014).	Artigo	Propor um sistema que permita a colaboração interdisciplinar via internet no contexto da tecnologia BIM.	Proposição de um fluxo de trabalho em BIM com emprego de estudo de caso para validação.	A plataforma desenvolvida facilita o desenvolvimento colaborativo no contexto da tecnologia BIM.
3	Potentials of <i>Blockchain</i> Technology for Construction Management (TURK; KLINC, 2017).	Artigo de conferência	Demonstrar potenciais usos da tecnologia <i>BLOCKCHAIN</i> em conjunto com a tecnologia BIM.	Revisão bibliográfica.	A tecnologia <i>blockchain</i> tem o potencial de fazer os processos da indústria da construção menos centralizados.
4	Understanding the impact of BIM on collaboration: a Canadian case (POIRIER; FORGUES; STAUB-FRENCH, 2017).	Artigo	Formalizar o entendimento acerca do impacto da tecnologia BIM no trabalho colaborativo, no âmbito da indústria da construção civil.	Caracterização do tema colaboração. Investigação através de processo sistemático combinado.	Desenvolvimento de cinco determinantes cognitivos empregados para entender como os indivíduos agem e interagem em um ambiente BIM.
5	Modelling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects (ZHAO <i>et al.</i> , 2017)	Revisão	Identificar os riscos associados à implementação de BIM e modelar os riscos.	Execução de um questionário tipo entrevista e análise dos resultados.	Conhecimento inadequado ou pouca expertise foi a primeira categoria dos riscos. Problemas com tecnologia, pobreza no compartilhamento e colaboração foram a segunda categoria dos riscos.

#	TÍTULO	TIPO DE TRABALHO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAL RESULTADO
6	Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China (LIU, Y.; NEDERVEEN, VAN; HERTOOGH, 2017).	Artigo	Explorar práticas atuais e principais características do emprego de BM em projeto e execução em ambientes colaborativos.	Pesquisa aplicada tipo “grounded theory”. Análise qualitativa e quantitativa dos resultados.	A integração das diversas disciplinas durante o projeto e execução são chave para o sucesso dos empreendimentos. Porém, BIM tem atingido colaboração parcial, em determinados estágios, disciplinas ou equipes disciplinares.
7	Factors for effective BIM governance (ALRESHIDI; MOURSHED; REZGUI, 2017)	Artigo	Investigar o desenvolvimento de uma metodologia de governança em BIM (G-BIM) com o emprego de tecnologias em nuvem, identificando fatores de sucesso de uma colaboração eficiente.	Entrevistas semiestruturadas.	Criação do modelo de colaboração em BIM (G-BIM).
8	Management of Collaborative BIM Data by Federating Distributed BIM Models (BEACH <i>et al.</i> , 2017).	Artigo	Propor um modelo capaz solucionar problemas de gestão em trabalho colaborativa na construção civil.	Análise quantitativa de grupos de foco que consistiu em companhias que empregam BIM; Análise de literatura acadêmica e industrial.	O emprego de modelo BIM federado traz vantagens como: automatização na distribuição de informações BIM para as diversas disciplinas, transparência e modelo de governança amplo.
9	A governance approach for BIM management across lifecycle and supply chains using mixed-modes of information delivery (REZGUI; BEACH; RANA, 2013)	Artigo	Explorar potenciais modelos de governança para otimizar a experiência de adoção da tecnologia BIM durante o ciclo de vida de um empreendimento.	Pesquisa qualitativa com dois grupos de trabalhos e quatro grupos de foco.	Modelo de governança sob um contexto multidisciplinar e composto por diversos atores.

#	TÍTULO	TIPO DE TRABALHO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAL RESULTADO
10	BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis (EADIE <i>et al.</i> , 2013).	Artigo	Mensurar o emprego de BIM durante o ciclo de vida de um empreendimento.	Questionário estruturado distribuído via web.	Através de 92 respostas da amostra, pode-se verificar que aspectos colaborativos produzem impacto positivo; Os processos são mais relevantes que as ferramentas.
11	Unorchestrated symphony: The case of inter-organizational collaboration in digital construction design (MERSCHBROCK, 2012).	Artigo	Estudar o trabalho colaborativo entre os profissionais de projeto que empregam a tecnologia BM.	Entrevistas com profissionais e análise de projetos.	Os atores envolvidos no uso da tecnologia BIM ainda não exploraram todo seu potencial de melhoria na comunicação dentro dos projetos. Ao invés de colaboração efetiva, foram constatadas ilhas de conhecimento.
12	Organizational divisions in bim-enabled commercial construction (DOSSICK; NEFF, 2010).	Artigo	Examinar a coordenação BIM e como a introdução da tecnologia BIM no processo de projeto influencia na colaboração e comunicação.	Pesquisa etnográfica e entrevistas com líderes.	Empreendimentos que empregam BIM são muito bons em utilizar as ferramentas de informação, contudo, muito ineficientes em colaborar.
13	3D model-based collaboration in design development and construction of complex shaped buildings (KU <i>et al.</i> , 2008).	Artigo	Ilustrar diversas formas de trabalho colaborativo de modo a entender como equipe de projeto empregam modelos tridimensionais para controlar geometria. Responder a questões: quais são as dificuldades em se colaborar através de modelos 3D? Quais são os mecanismos que as equipes implementam para práticas arcaicas?	Três estudos de caso.	A análise dos estudos de caso sugere que metodologias colaborativas com modelos 3D diferem do entendimento de arquitetos a controle de geometria.

#	TÍTULO	TIPO DE TRABALHO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAL RESULTADO
14	Information flow comparison between traditional and BIM-based projects in the design phase (AL HATTAB; HAMZEH, 2013).	Artigo de conferência	Compreender como a tecnologia BIM pode melhorar o fluxo de informação de um empreendimento.	Modelagem de interações entre participantes.	A maior causa de desperdício de informação é o emprego de metodologias ineficientes de colaboração.
15	BcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud (ZHENG, R. <i>et al.</i> , 2019).	Artigo	Propor um método de emprego da tecnologia BIM, o <i>bcBIM</i> para resolver problemas de segurança de informação no contexto da indústria da construção.	Revisão de literatura e desenvolvimento de uma aplicação	Ferramenta que garante integridade dos dados e rastreamento das informações em BIM.
16	<i>Blockchain</i> and the built environment: Potentials and limitations (NAWARI; RAVINDRAN, 2019).	Revisão	Explorar como a ferramenta DLT poderia ser vantajosa à tecnologia BIM.	Revisão sistemática de literatura.	Apresentou os fundamentos da tecnologia <i>BLOCKCHAIN</i> e propôs usos da plataforma <i>BLOCKCHAIN Fabric</i> .
17	A multi-server information-sharing environment for cross-party collaboration on a private cloud (ZHANG, J. <i>et al.</i> , 2017).	Artigo	Propor um compartilhamento de informações em múltiplos servidores.	Revisão bibliográfica e estudo de caso.	Sistema multidisciplinar para o processo colaborativo.
18	<i>Blockchain-enabled supply chain: An experimental study</i> (LONGO <i>et al.</i> , 2019).	Artigo	Responder a questões: a tecnologia <i>blockchain</i> é adequada às demandas de cadeia de suprimento? Os benefícios de uma cadeia de suprimentos desencorajariam a falsificação de informações por parte dos atores?	Emprego de uma <i>BLOCKCHAIN</i> análoga a <i>Ethereum</i> para o registro de informações; Simulação de uma cadeia de suprimentos;	Representação dos custos e desempenho do emprego de <i>BLOCKCHAIN</i> no estudo de caso. A aplicação do estudo demonstra que a tecnologia <i>BLOCKCHAIN</i> é relevante para superar dificuldades ligadas a colaboração e confiança, bem como desencorajar atores a falsificar informações.

#	TÍTULO	TIPO DE TRABALHO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAL RESULTADO
19	<i>Blockchain-based secure data provenance for cloud storage</i> (ZHANG, Y.; LIN, X.; XU, 2018).	Artigo de conferência	Apresentar uma maneira de eficiente e segura de registro de procedência.	Revisão bibliográfica e a construção do esquema.	Formalização de modelo de dados de procedência. Proposição de um modelo de registro de procedência para a nuvem.
20	Impact of <i>blockchain</i> technology platform in changing the financial sector and other industries (KNEZEVIC, 2018).	Artigo	Analisar o impacto da tecnologia <i>blockchain</i> no setor financeiro principalmente, bem como em outras indústrias.	Análises do funcionamento da tecnologia <i>blockchain</i> , identificação das vantagens e de custos de transações.	Os resultados demonstram que a tecnologia tem impacto profundo no setor financeiro mesmo que ainda esteja incipiente.
21	Realizing the potential of <i>blockchain</i> technologies in genomics (OZERCAN <i>et al.</i> , 2018).	Revisão	Introduzir progressos atuais de <i>blockchain</i> sendo empregada para solução de problemas com ômicos, bem como o levantamento de perspectivas futuras.	Revisão bibliográfica da aplicação de <i>blockchain</i> em genômica.	Definição da tecnologia, proposição das utilizardes da fermenta para esta demanda.
22	Do you need a <i>blockchain</i> ? (WUST; GERVAIS, 2018).	Artigo de conferência	Analisar criticamente se uma <i>BLOCKCHAIN</i> é de fato uma solução técnica apropriada para um determinado caso.	Propor um modelo estruturado para determinar a viabilidade do emprego da tecnologia <i>BLOCKCHAIN</i> .	Fluxograma para determinar se a tecnologia <i>BLOCKCHAIN</i> é apropriada para uma dada demanda.
23	Cryptocurrency as guarantees of origin: Simulating a green certificate market with the <i>Ethereum Blockchain</i> (CASTELLANOS <i>et al.</i> , 2017).	Artigo de conferência	Simular um espaço (<i>marketplace</i>) onde consumidores produtores de energia podem comercializar energia excedente.	Revisão bibliográfica e simulação.	A <i>blockchain Ethereum</i> apresentou-se como alternativa para o desenvolvimento de plataformas de comercialização de energia de baixo custo.

Quadro 15 – Resumo dos trabalhos seleccionados (conclusão)

#	TÍTULO	TIPO DE TRABALHO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAL RESULTADO
24	A Novel <i>Blockchain</i> -Based Product Ownership Management System (POMS) for Anti-Counterfeits in the Post Supply (TOYODA <i>et al.</i> , 2017).	Artigo	Propor um novo sistema de gerenciamento de produto (POMS), para a prevenção de falsificação de produtos.	Revisão bibliográfica, proposição da ferramenta POMS, e teste de performance.	Apresenta uma forma de registro autoral com o uso de <i>BLOCKCHAIN</i> .

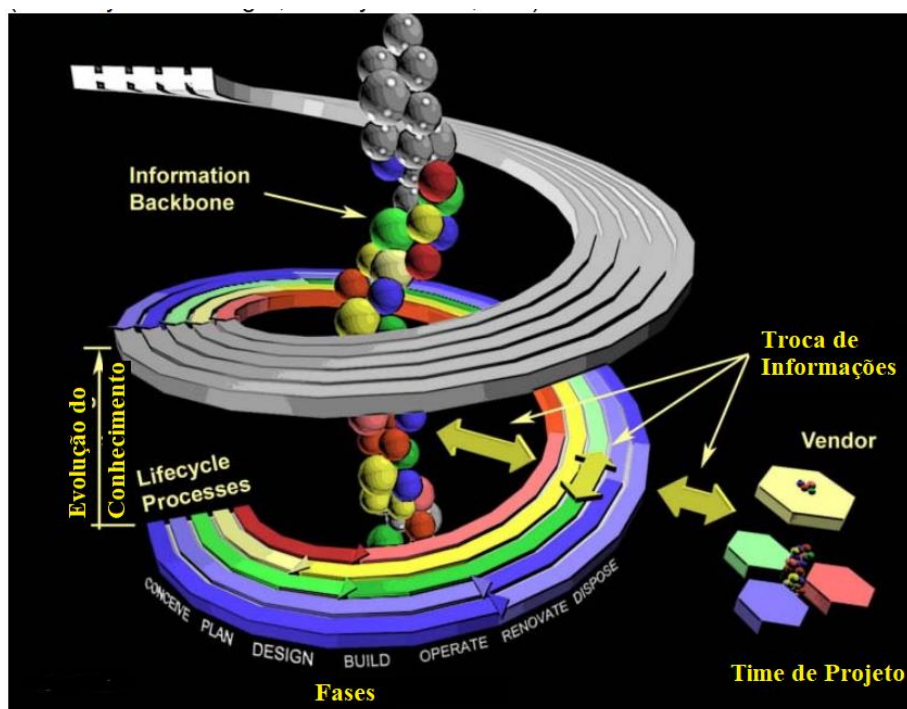
Fonte: Aatoria Própria.

4.2. FLUXO DE TRABALHO EM BIM

O processo de desenvolvimento de projetos de empreendimentos da construção ocorre de maneira interdisciplinar. Profissionais com diferentes especializações contribuem para que o empreendimento, quando edificado, esteja de acordo com os requerimentos estabelecidos pela parte contratante.

O emprego da tecnologia BIM no processo de projeto, que por implicar em trabalho colaborativo para a construção de um ou vários modelos de informação, requer que os profissionais envolvidos sejam guiados por um fluxo de trabalho. O fluxo de trabalho serve para descrever a ordem de como as informações serão disponibilizadas, haja vista que os diversos modelos de informação são construídos por meio de informações autorais disponibilizadas dentro deste esforço colaborativo de trabalho. Podem-se entender que o fluxo de trabalho estabelece ordem. Porém, este não é uma peça monolítica; sua constituição pode (e deve) ser adaptada a cada empreendimento. O processo de projeto é composto por coordenação, harmonização e integração (NIBS, 2008). O acúmulo de informações durante o ciclo de vida de um empreendimento não ocorre de maneira linear, como sugere a Figura 15.

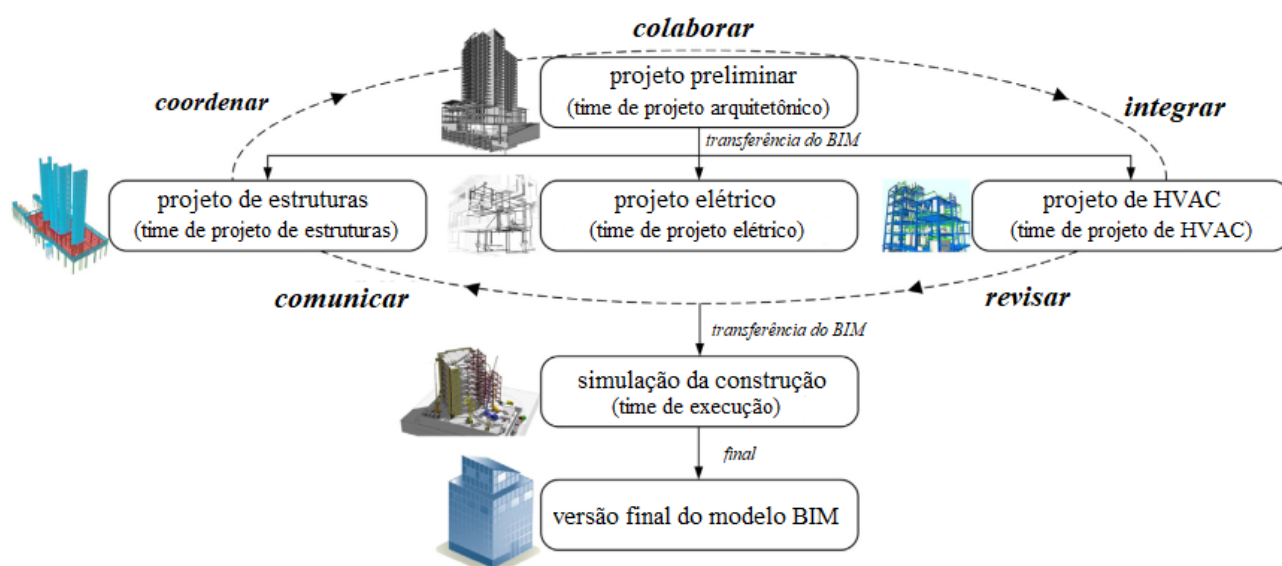
Figura 15 – Espiral do ciclo de vida de uma edificação



Fonte: Adaptado de NIBS (2008).

Na imagem é possível visualizar que o conhecimento construído (ao centro, denominado *information backbone*) é fruto do acontecimento de diversos ciclos dentro do ciclo de vida do empreendimento. Ainda é possível visualizar que a construção do conhecimento se dá em parceria entre os diversos atores. A parceria entre eles é baseada em constante troca de informações. O processo de projeto em BIM denota que há dependência entre as diferentes disciplinas e trabalho simultâneo. O contrário desta configuração seria os atores trabalhando paralelamente. A Figura 16 representa o processo de projeto em BIM onde há ciclos de “colaboração ↔ integração ↔ revisão ↔ comunicação ↔ coordenação” entre os atores.

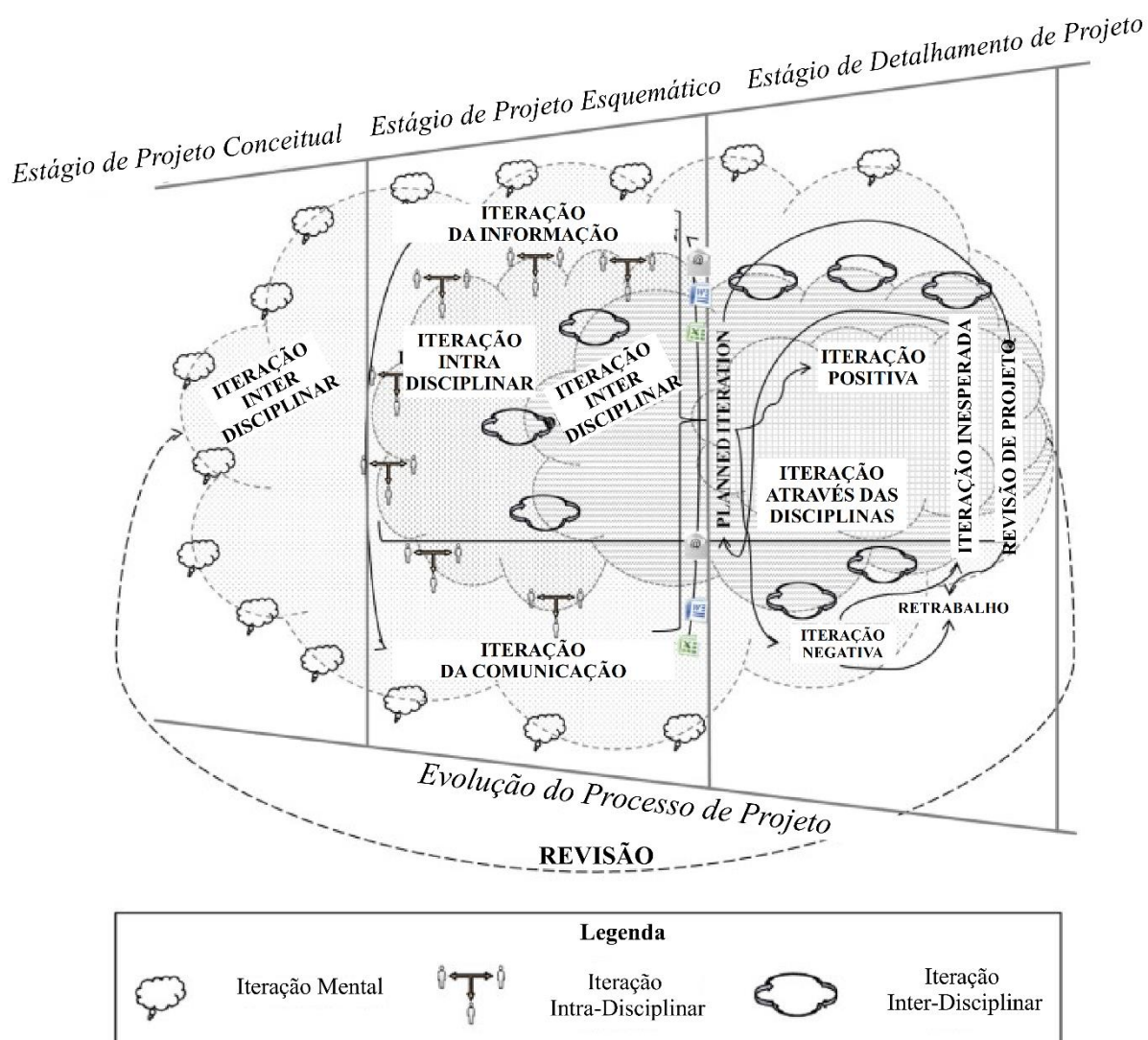
Figura 16 – O processo de modelagem interdisciplinar em BIM



Fonte: Adaptado de Chen e Hou (2014).

Cada equipe desenvolve o projeto de sua disciplina separadamente. Posteriormente, é feita a integração, que pode apresentar conflitos entre qualquer disciplina. Assim, deve ocorrer a revisão dos projetos, de modo que a correção satisfaça não somente o escopo de projeto, como também as demandas de cada ator. Para isto, os atores devem comunicarem-se e coordenar. O modelo BIM somente evoluirá caso todos os conflitos sejam sanados. A finalização juntamente com concordância acerca da evolução do projeto ao longo de diversos ciclos de desenvolvimento do projeto de um empreendimento é denominada iteração. Um processo iterativo de desenvolvimento de um projeto é representado na Figura 17.

Figura 17 – Tipos de iteração existentes durante as etapas de projeto



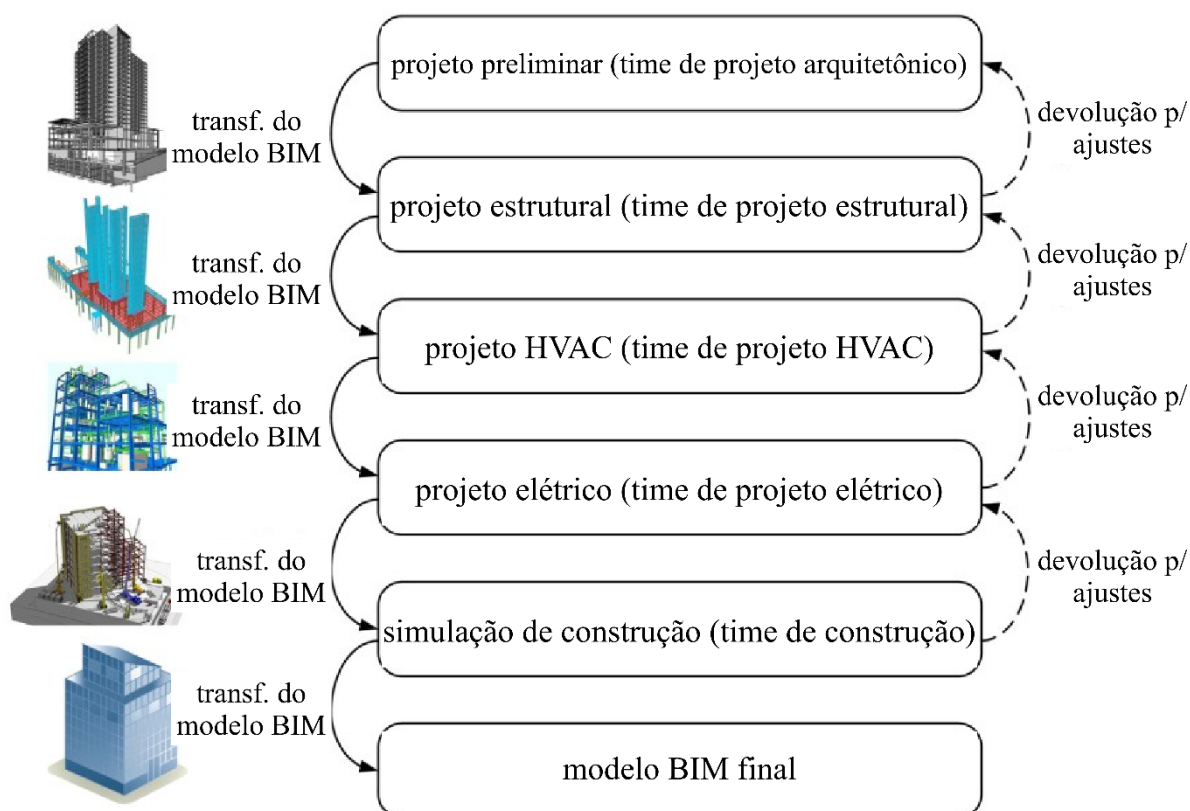
Fonte: Adaptado Mujumdar e Maheswari (2018).

De acordo com Mujumdar e Maheswari (2018), a iteração de projetos, que é um processo cíclico, repetitivo e evolucionário, pode ocorrer em diversos âmbitos: mental, intradisciplinar e interdisciplinar. A iteração conceitual tem maior incidência nas etapas iniciais do processo de projeto. Já as iterações intradisciplinares e interdisciplinares devem ocorrer durante a esquematização e detalhamento do projeto.

Chen e Hou (2014), propuseram um fluxo de trabalho em para ser empregado em uma plataforma assíncrona de trabalho colaborativo em BIM (Figura 18). O fluxo pressupõe a divisão do modelo único de informação BIM em submodelos, para quantas disciplinas forem demandadas. O desenvolvimento de projeto de cada disciplina ocorre baseado no modelo corrente universal às demais disciplinas. Como tratado anteriormente, o modelo de referência é

oriundo do ciclo iterativo de “colaboração ↔ integração ↔ revisão ↔ comunicação ↔ coordenação”. Assim, quando um submodelo de uma disciplina é considerado maduro, este é enviado à próxima disciplina para ser utilizado como referência. Em caso de interferência o modelo é devolvido a equipe anterior para correções necessárias. Este fluxo, portanto, está em harmonia ao que foi publicado por Mujumdar e Maheswari (2018) e por NIBS (2008).

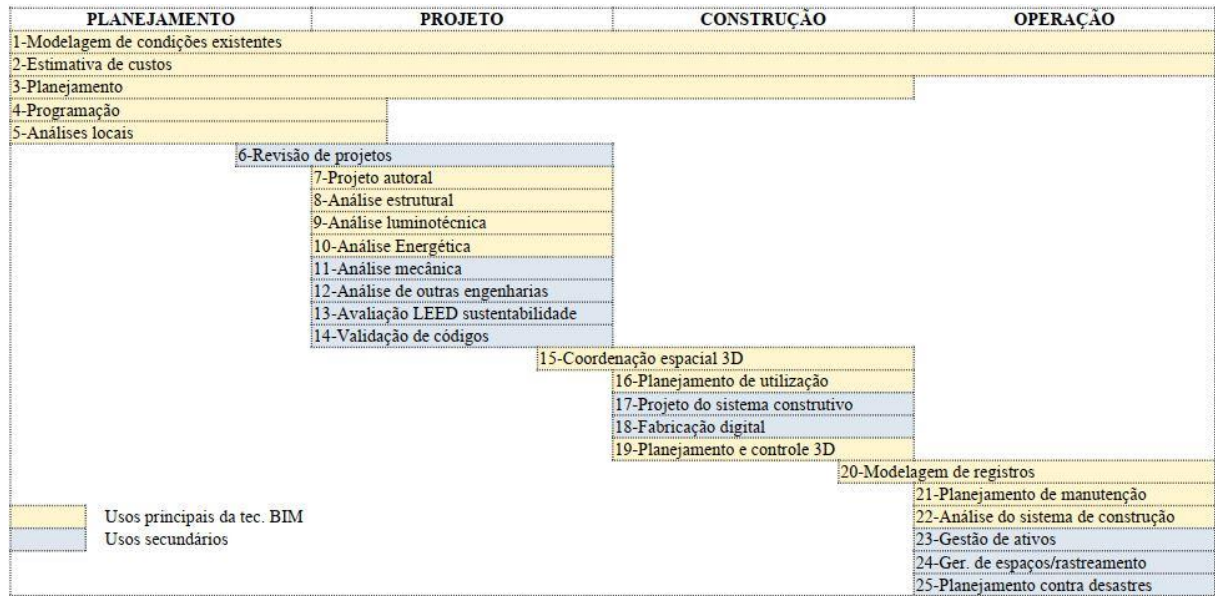
Figura 18 – Fluxo de trabalho BIM interdisciplinar



Fonte: Adaptado de Chen e Hou (2014).

Com enfoque em fontes brasileiras, foi estabelecido como delimitador o fluxo de projeto em BIM sugerido por CBIC (2016b), que corresponde às fases macro de “projeto conceitual” e “anteprojeto” (Figura 20). O fluxo proposto pela CBIC tem sua origem nos 25 usos da tecnologia BIM levantados pela *The University of Pennsylvania* (KREIDER; MESSNER, 2013), e são apresentados na Figura 19.

Figura 19 – Usos da tecnologia BIM



Fonte: Adaptado de CBIC (2016b).

Os 25 usos da tecnologia BIM sugerem que, quando em conjunto, a tecnologia BIM é aplicável a todo o ciclo de vida de um empreendimento, a depender do escopo. O fluxo apresentado na Figura 20 descreve com detalhes cada passo a ser seguido pelos atores durante o desenvolvimento de um projeto em BIM. A Figura 21 apresenta a legenda do mapa.

Fonte: Adaptado de CBIC (2016).

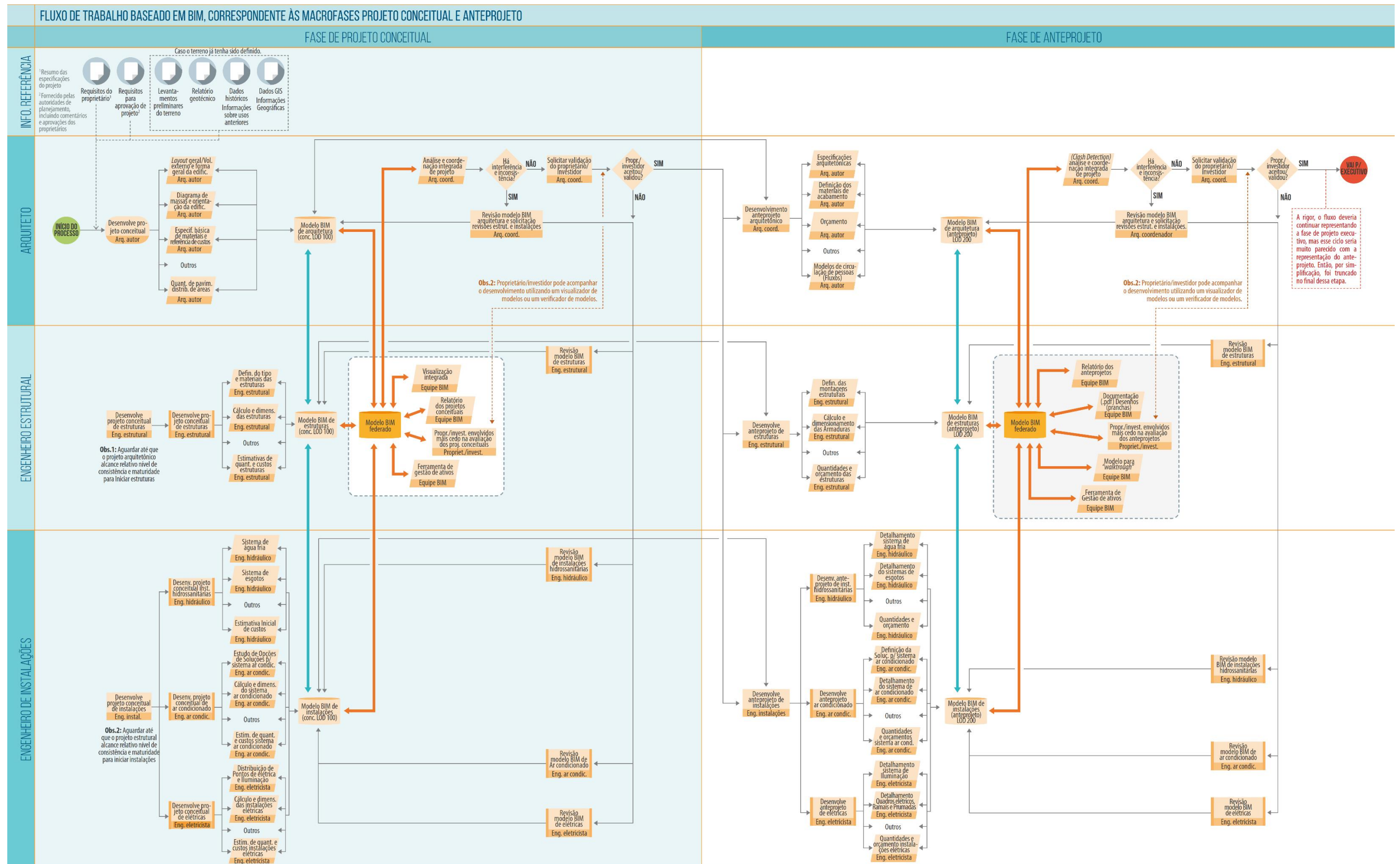
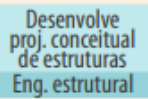
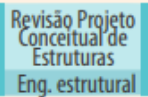
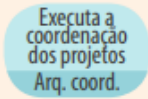
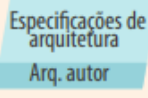
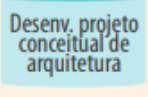
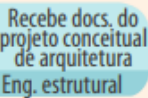


Figura 21 – Legenda do mapa de processos (**Figura 20**)

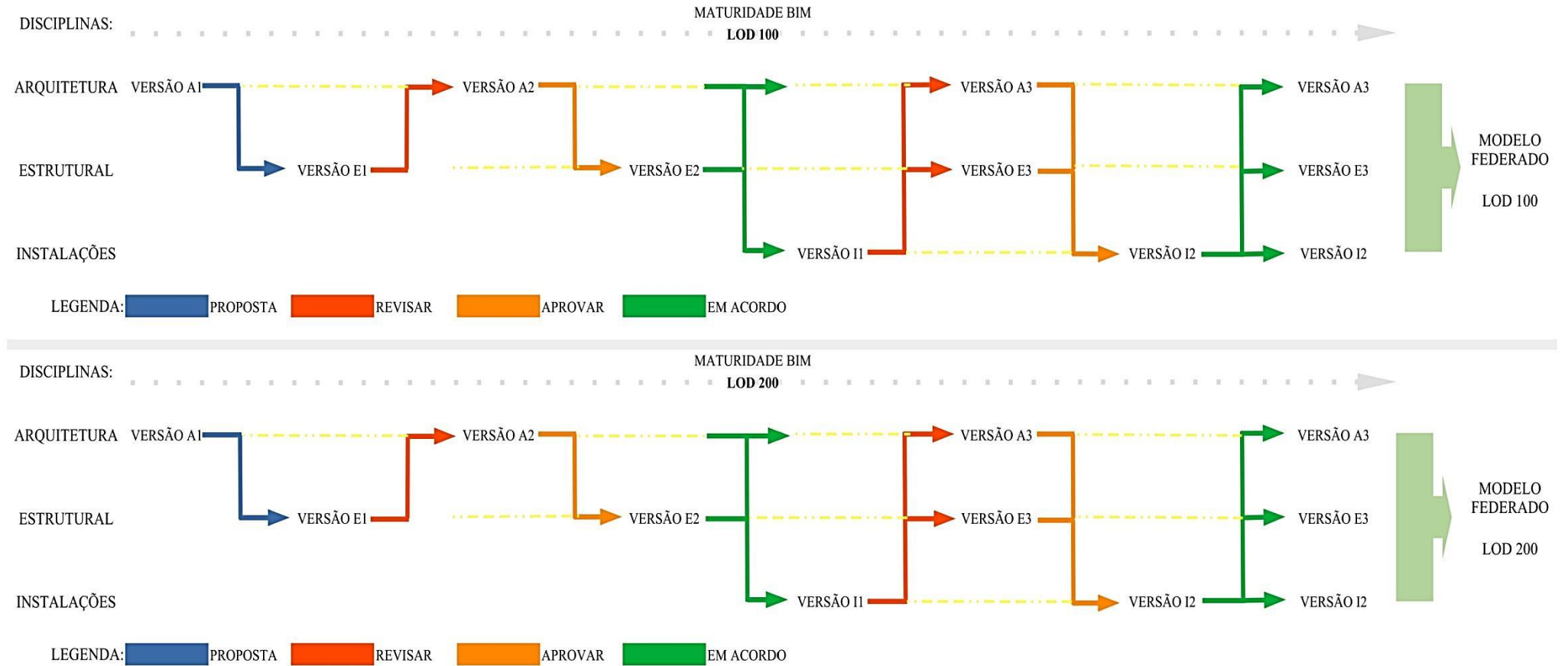
	Processo		Fluxo / Sequência
	Subprocesso		Outras informações entregáveis
	Ponto de decisão		Múltiplas interações / Loop de feedback
	Início / Final de processo		Entrada e Saída de informações / Fluxo de mão-dupla
	Informação entregável	SIM	Entregáveis aceitos
	Banco de dados de informações	NÃO	Entregáveis rejeitados
	Informação externa		Compartilhamento precoce e bidirecional de informações
	Demora / Tempo de espera		Central BIM para Geração e compartilhamento de informações

Fonte: Adaptado de CBIC (2016).

A criação de um mapa de processos (ou fluxo de trabalho) BIM permite que a equipe envolvida no desenvolvimento do projeto entenda quais passos devem ser seguidos durante a comunicação entre os outros atores. Um fluxo de trabalho BIM deve ser flexível às demandas de cada empreendimento.

Sob o contexto do fluxo de trabalho que acabara de ser estabelecido, foi elaborado um fluxo de trabalho em BIM cujo objetivo é destacar as interfaces de troca de informação entre os atores, por meio de arquivo de coordenação, em padrão *IFC* (Figura 22). O fluxo tem início na proposição de projeto autoral por um profissional de arquitetura, e termina quando todas as partes concordam sobre compatibilidade entre seus projetos autorais. A concordância entre os atores também denota que o modelo BIM atingiu o nível de desenvolvimento (LOD) esperado. No fluxo a seguir são apresentados os LOD 100 e LOD 200.

Figura 22 – Fluxo de trabalho para evento de troca de arquivos de referência em *IFC*



Fonte: Autoria Própria.

Em LOD 100, o projeto de arquitetura conceitual é proposto (em azul) a partir das informações de referência, que são (a) requisitos do proprietário; (b) requisitos para aprovação legal; e (c) levantamento preliminar do terreno. Os entregáveis que devem compor o projeto arquitetônico são: o layout geral/volumetria, o layout externo, e a quantidade e pavimentos e distribuição e áreas. O projeto de arquitetura conceitual é disponibilizado em na versão 1 (A1).

A primeira versão é disponibilizada para a elaboração de projeto estrutural. Os entregáveis que devem compor o projeto estrutural são: (a) descrição do tipo e materiais das estruturas; (b) cálculo e dimensionamento estrutural; e (c) estimativas de quantitativos e custos. No fluxo proposto, é simulada teoricamente a identificação (por parte do projetista estrutural) de alguma interferência entre os projetos estrutural e arquitetônico. Neste caso, o projeto estrutural de primeira versão (E1) é disponibilizado para a coordenação e correção do projeto arquitetônico. O projeto arquitetônico é devolvido em nova versão (A2) para aprovação. O projeto estrutural também é objeto de alterações, para em seguida ser disponibilizada sua segunda versão (E2) ao demais atores.

O projeto de instalações tem sua primeira versão (I1) disponibilizada composto por três disciplinas de instalações: hidrossanitárias, ar-condicionado e elétricas. Os entregáveis que devem compor o projeto de instalações são: (a) sistema de água fria; (b) sistema de esgotos; (c) estudo de opções para o sistema de ar-condicionado; (d) cálculo e dimensionamento do sistema de ar-condicionado; (e) distribuição dos pontos de elétrica e iluminação; (f) cálculo e dimensionamento das instalações elétricas; e (g) estimativa inicial de quantitativo e custos das três disciplinas. A primeira versão e projeto de instalações é disponibilizada com demandas de alterações aos projetos de arquitetura e ao estrutural. Após a correção e disponibilização de novas versões (A3 e E3), o projeto de instalações é compatibilizado, sendo disponibilizada a versão (I2).

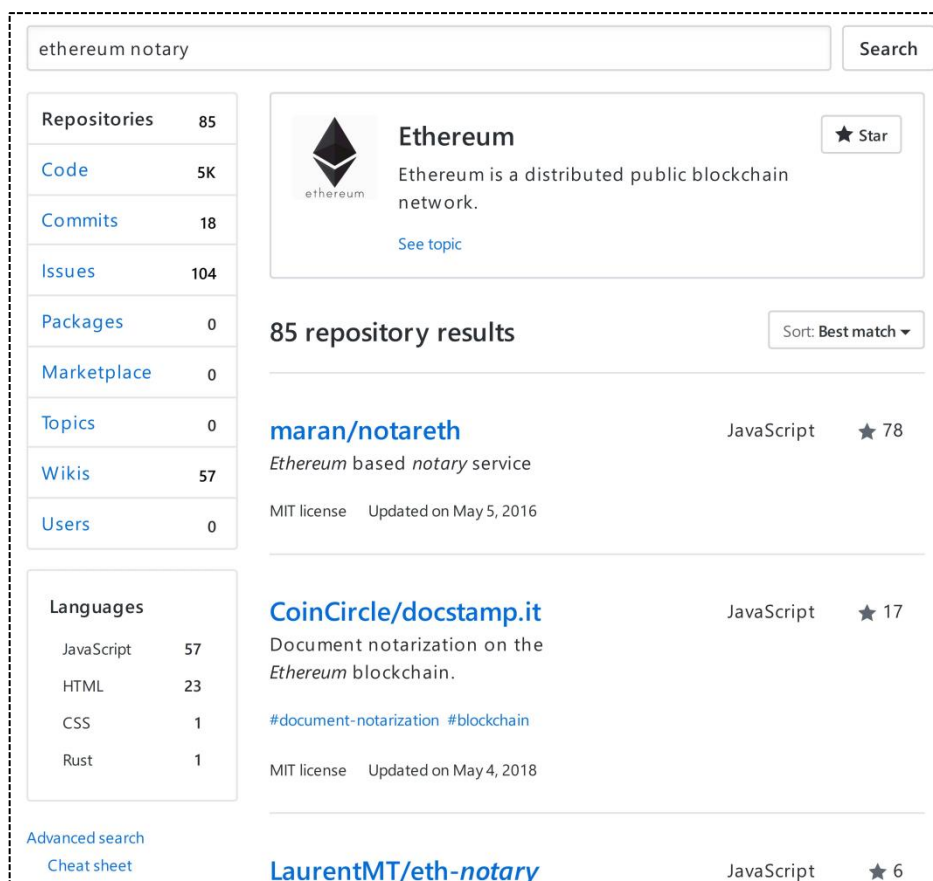
O fluxo descrito acima é passível de repetir-se indefinidamente até que os atores concordem sobre a versão final representativa do LOD 100. O mesmo fluxo deve ser repetido para a construção do modelo em LOD 200.

4.3. FERRAMENTA *BLOCKCHAIN*

A busca realizada no repositório *GitHub.com*, retornou 85 resultados com o emprego da query “*ethereum notary*”, como pode ser visto na Figura 23. Na sequência em que os resultados

foram dispostos pelo repositório, foi realizada uma avaliação de cada uma das ferramentas. Por exclusão, a aplicação *ETH Notary* foi selecionada, que é atribuída ao desenvolvedor Miguel Mota (MOTA, 2019).

Figura 23 – Exemplo da apresentação dos resultados da busca no repositório GitHub



Fonte: Autoria Própria.

A aplicação *ETH Notary* tem sua interface desenvolvida em linguagem *JavaScript*¹⁴(JS), o que permite que sua execução ocorra com o uso de navegadores de internet (ex.: Google Chrome ou Mozilla Firefox). Outro aspecto desta ferramenta é que foi disponibilizada sob a licença de código aberto *MIT License*, cujos detalhes são apresentados no Quadro 16.

¹⁴ developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript

Quadro 16 – MIT License: Permissões, condições e limitações

<i>MIT License</i>		
PERMISSÕES	CONDIÇÕES	LIMITAÇÕES
Uso comercial: a aplicação em si, como seus derivados podem ser comercializados;	Licença e aviso de direito autoral precisam ser incluídos juntamente com a aplicação;	Responsabilidade: o desenvolvedor não pode ser responsabilizado pelo uso indevido da aplicação;
Distribuição: a aplicação pode ser livremente distribuída;		Garantia: o desenvolvedor expressamente não garante o funcionamento da aplicação.
Modificação: a aplicação pode ser modificada;		
Uso privado: a aplicação pode ser utilizada e modificada em privado.		

Fonte: Adaptado de Choose a License (2019).

A *ETH Notary* é uma ferramenta desenvolvida para a tarefa de gravação em *Ethereum blockchain* valores *hash*. O valor *hash* é uma sequência de números e letras de tamanho fixo que identifica dados. Para que um valor *hash* seja produzido é necessário que um determinado algoritmo (função *hash*) leia uma certa quantidade de dados de tamanho qualquer e o transforme em uma sequência de quantidade fixa caracteres (ST DENIS e JOHNSON, 2007).

No contexto da ferramenta *ETH Notary* os valores *hash* servem para identificar arquivos, haja vista que um arquivo, criado em determinada data, apresentará o mesmo valor *hash* sempre que lido pela mesma função *hash*. Acompanhado de uma função *hash* específica, o valor *hash* pode ser considerada a identidade de um arquivo. O processo de obtenção do valor *hash* é unidirecional, o que a impede que a partir de um valor *hash* arbitrariamente obtido seja produzida uma cópia do arquivo que o originou. Assim, alterações internas em arquivo implicariam em um novo valor *hash*. Por outro lado, a eventual modificação do nome de um arquivo não implicaria na produção de um novo código *hash* por não alterar a estrutura do arquivo.

Para o eventual registro da identidade de um arquivo de projeto em uma rede *blockchain Ethereum* foi constatado que não é necessária sua transferência (*upload*) para a rede *blockchain Ethereum*. Em outras palavras, deve-se submeter o arquivo do qual se deseja registrar a identidade à leitura do algoritmo *Keccak-256*¹⁵, gerador de valor *hash*. O que é registrado em *blockchain*, portanto, é valor *hash*, representativo do arquivo Figura 24.

¹⁵ keccak.team/keccak.html

Figura 24 – *ETH Notary*: Campo de registro autoral

Notarize a Document

Notarize your document, to later prove that you cryptographically signed it and had access to it.

File
Only the hash (Keccak-256) of the document is retrieved to be stored as the fingerprint; the actual contents are never stored anywhere.

FASE_DE_PROJETO_CONCEITUAL-ARQUITETURA_VERSAO_1.IFC

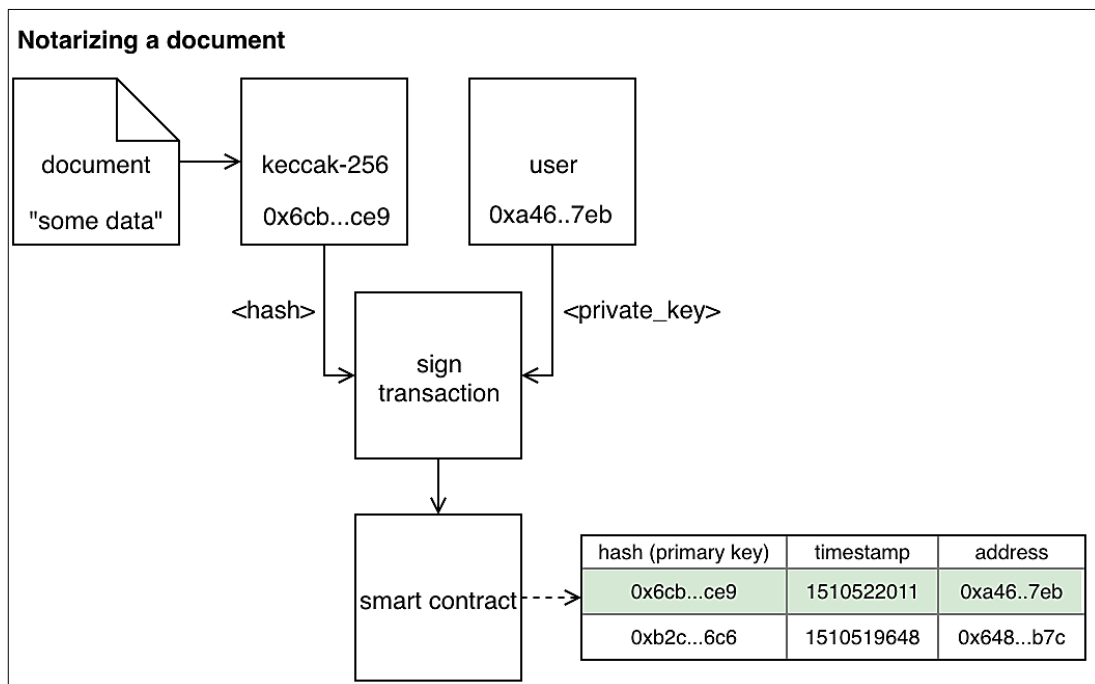
Hash
The fingerprint of the document (Keccak-256 hash):

0x0dcdf45debb3522727ac64eb280b30026917d8976c8067ea3ecb205b41a822

Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar a Figura 24, destacam-se o campo de seleção do arquivo a ser processado, o campo de *hash*, onde é apresentado o valor *hash* obtido a partir da função *Keccak-256*, e o botão de registro (*Notarize it!*). O fluxo de registro de um valor *hash* em *blockchain Ethereum* por intermédio da ferramenta *ETH Notary* está esquematizado na Figura 25.

Figura 25 – Fluxograma de registro de documentos em *Ethereum blockchain* com emprego de *ETH Notary*



Fonte: Adaptado de MOTA (2019).

O responsável pelo código *hash* (indivíduo que gravara o código na *blockchain*) possui um código atribuído a ele, denominado endereço (*address*). Este código é o mesmo da carteira descrito no capítulo 2.2.4, que descreve a plataforma *Ethereum*. Portanto, nesta ferramenta, o endereço da carteira sempre remeterá ao proprietário do valor *hash*. Assim, provido do valor *hash* a ser gravado e a identificação do usuário, é disparada uma transação para o registro do valor *hash*. A transação é um comando para que o contrato inteligente, previamente inserido na *blockchain Ethereum*, registre o valor *hash*. O registro autoral em *blockchain Ethereum* está sujeito a custos operacionais, que estão descritos no capítulo 4.5. A Figura 26, apresenta o painel de verificação de registro autoral.

Figura 26 – Painel de aferição da existência de um arquivo

Check Notarizer of Document
See who the signer of the document is.

File
Upload the original file to retrieve the document fingerprint; remember, nothing is ever stored.
Choose File FASE_DE_P...SAO_1.IFC

Hash
The fingerprint of the document (Keccak-256 hash).
0x0dcfdf45debbbe3522727ac64eb280b30026917d8976c8067ea3ecb205b41a822

Check Notarizer

Notarizer
The signer of the document.
0xfeb29e3ac2b287006d111a62d245f7b5e4a13fe6

Datetime
When the document was notarized.
2019-07-30 01:30AM

Fonte: Autoria Própria.

Após a leitura do arquivo, é apresentada o valor *hash*. Ao clicar no botão “*check notarizer*” a ferramenta faz uma busca na rede *blockchain* pelo registro do valor *hash*. Caso encontre, retornará o endereço da carteira do indivíduo que registrou o arquivo, atrelado a dia e hora.

4.4. EMPREGO DE *BLOCKCHAIN* EM TECNOLOGIA BIM

Em trabalho desenvolvido por Li, Greenwood e Kassem (2019, tabela 7), foi feita uma verificação para validar a aplicabilidade da tecnologia *blockchain* juntamente com a tecnologia BIM. A avaliação feita por estes autores é genérica, porém em consonância com este trabalho. Neste contexto, respondendo ao questionário da Figura 9, no capítulo 2.2.3, tem-se os comentários que seguem, no Quadro 17.

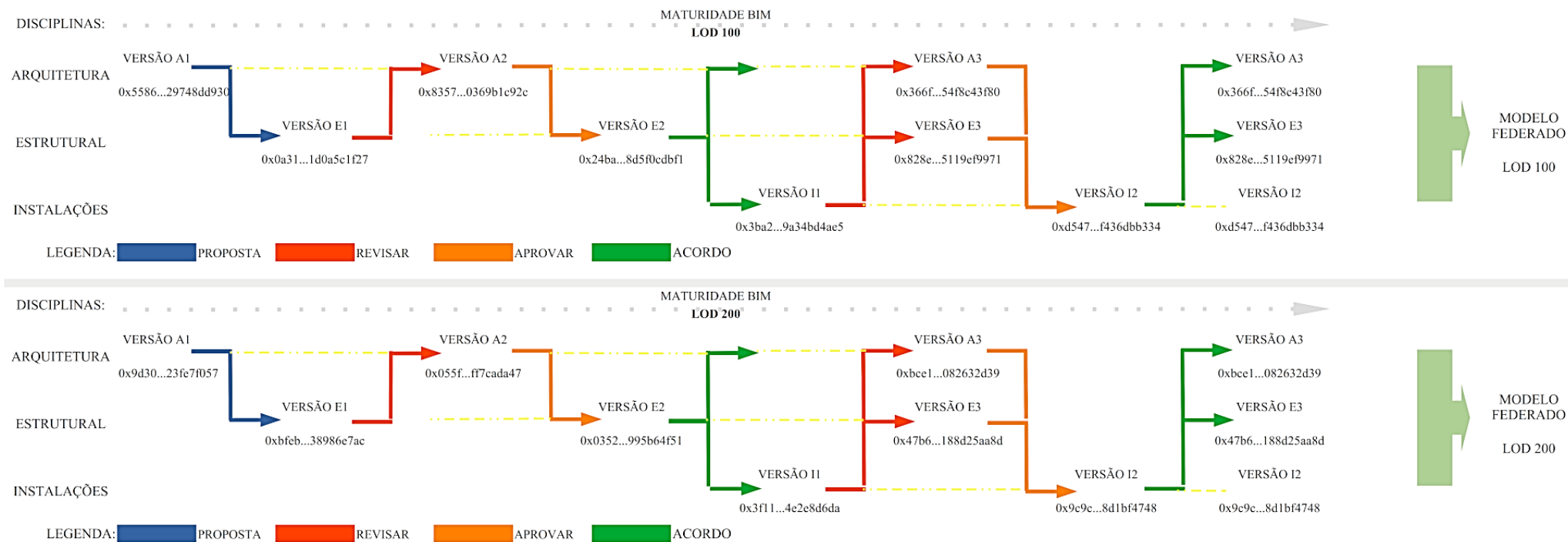
Quadro 17 – Análise do fluxograma de aplicabilidade da tecnologia *blockchain*

AVALIAÇÃO	COMENTÁRIO
É necessário armazenar o estado do arquivo?	Sim. A cada alteração de um arquivo de referência modifica seu estado. Uma consequência disso é a apresentação de um novo valor <i>hash</i> .
Há diferentes atores envolvidos?	Sim. Em um ambiente de projetos da tecnologia BIM, diferentes atores contribuem na construção do modelo de informação, que por sua vez é sensível às informações nele inseridas.
Há um terceiro confiável sempre disponível?	Não. Considerando-se que o modelo de informação BIM é construído por uma equipe multidisciplinar não necessariamente na mesma localização geográfica, o ente responsável pela validação autoral (cartório) não estaria disponível simultaneamente.
Todos os atores são conhecidos?	Não necessariamente, especialmente no aspecto da confiança.
RESULTADO	<i>Blockchain</i> pública (primariamente), <i>blockchain</i> publica permissiva (alternativamente).

Fonte: Autoria Própria.

Durante as simulações teóricas, o emprego da ferramenta *ETH Notary* em tecnologia BIM ocorreu na etapa de envio de arquivos de referência. Assim, previamente à disponibilização de um projeto arquitetônico conceitual a ser empregado na elaboração do projeto conceitual de estruturas, ocorreu o registro de sua identidade em uma rede *blockchain*. Analogamente, o projeto conceitual de estruturas seria registrado em *blockchain* antes de ser disponibilizado para as demais disciplinas, mesmo se fosse o caso de ser utilizado como referência a uma nova versão do projeto arquitetônico conceitual. O fluxo deste processo é descrito na Figura 27.

Figura 27 – Anotação dos pontos de registro autoral em fluxo de trabalho BIM para evento de troca de arquivos de referência IFC



Fonte: Autoria Própria.

Para fins de reclamação de autoria ou cobrança de responsabilidade técnica, foi mantido um controle das dependências de cada projeto elaborado, conforme demonstrado no Quadro 18.

Quadro 18 – Controle de dependências de projetos

DISCIPLINA/ PROJETO	CÓDIGO hash	DISCIPLINA/ PROJETO DE REFERÊNCIA - A	CÓDIGO hash	DISCIPLINA/ PROJETO DE REFERÊNCIA - B	CÓDIGO hash
ARQUITETURA.FASE E_DE_PROJETO_CO NCEITUAL- VERSAO_1.IFC	0x467a...e9f d58f7bf	-	-	-	-
ESTRUTURAL.FASE _DE_PROJETO_CON CEITUAL- VERSAO_1.IFC	0xd0dd...f7a ec8676a	ARQUITETURA.FASE_D E_PROJETO_CONCEITU AL-VERSAO_1.IFC	0xc118...6 0883e46d 6	-	-
		ARQUITETURA.FASE_D E_PROJETO_CONCEITU AL-VERSAO_1.IFC	0x0dcf...2 05b41a82 2	ESTRUTURAL.FASE_ DE_PROJETO_CONC EITUAL- VERSAO_1.IFC	0x400ac4 ...52063

Fonte: Autoria Própria.

Demonstrou-se que importância de manter o registro do autor de cada arquivo. Este registro oferece à equipe de trabalho o controle de sob quais informações autorais fornecidas as decisões de projeto foram tomadas. Como também apresentado, o controle desse registro deve estar acompanhado da ferramenta *blockchain* para a garantia de sua autenticidade.

4.5. COMPARATIVO DE CUSTOS

O comparativo de custos entre *blockchain* e atas notariais para o registro autoral deu-se sob o valor das custas do Estado do Tocantins, e os valores estão listados no capítulo 3.2. O custo operacional do registro autoral em *blockchain* em relação ao serviço de atas notariais é muito menor. Se, por hipótese, o cartorário não consumisse mais que três páginas para o registro autoral (quantidade mínima por ata notarial), seriam executados 1.102 registros em *blockchain*. Outra vantagem da tecnologia *blockchain* é seu tempo 30 segundos para a confirmação do registro (Figura 28).

Figura 28 – Tempo estimado de processamento do registro autoral

The screenshot shows a 'Customize Gas' window with two tabs: 'Basic' and 'Advanced'. The 'Basic' tab is selected. Under the heading 'Estimated Processing Times', there is a note: 'Select a higher gas fee to accelerate the processing of your transaction.*'. Below this, three options are presented in boxes:

Slow	Average	Fast
~4 min 6 sec	~30 sec	~24 sec
0.000100357 ETH	0.000401428 ETH	0.000802856 ETH

The 'Average' option is selected, indicated by a blue checkmark. Below the options, a disclaimer states: '* Accelerating a transaction by using a higher gas price increases its chances of getting processed by the network faster, but it is not always guaranteed.' At the bottom, a summary table shows:

Send Amount	0 ETH
Transaction Fee	0.000401 ETH
New Total	0.000401 ETH

Fonte: Autoria Própria.

O emprego de atas notariais apresenta diversos empecilhos em relação ao tempo para a efetivação do registro: entrar em contato com o cartório, apresentar o conteúdo a ser registrado em ata notarial e efetivamente *notarizar* o documento. O cumprimento dos passos de registro autoral com atas notariais pode durar até 3 dias úteis (ORIGINALMY, 2019, min. 38). Somado a isso tudo, é necessário comparecer em pessoa ao cartório retirar uma cópia da ata. O trabalho e as trocas de informações não necessariamente seguem uma rotina que durante a jornada comercial de trabalho, como ocorre com os cartórios. As equipes de projeto estão sujeitas a horários que extrapolam os limites de horários dos cartórios. Neste sentido, esta modalidade de registro autoral é desvantajosa sob o ponto de vista de um fluxo de trabalho em BIM, que tem uma ampla troca de informações entre os entes. Assim, caso um projetista precise compartilhar seu projeto autoral, com o emprego de *blockchain* para a validação da autoria este não terá sua atividade limitada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dificuldade em se atribuir responsabilidades, ou de reconhecimento autoral de trabalhos em ambiente BIM, pode ser superada com o emprego da tecnologia *blockchain*, que possui dispositivos, como o registro distribuído e a descentralização, que a tornam imutável.

A aplicação *ETH Notary* permite que os atores de projeto registrem e consultem a autoria de projetos em *Ethereum blockchain*. Outro aspecto observado é que a tecnologia *blockchain* não é um banco de dados destinado ao armazenamento de arquivos de projeto, mas sim destinado ao armazenamento do estado de arquivos. Assim, como foi demonstrado, a equipe de projeto deve manter um controle das dependências de projetos, que relacione os arquivos BIM ao código *hash* gerado pelo algoritmo.

Em um fluxo de projeto sob a tecnologia BIM, as trocas de arquivos de referências entre os entes de projeto ocorrem quantas vezes forem necessárias. Conforme foi apresentado, todo arquivo de referência deve ter seu estado gravado em *blockchain*. A instalação e execução do *smart contract* (contrato inteligente) são eventos dependentes do pagamento de taxas, em *Ether*, a criptomoeda utilizada na infraestrutura computacional. Estes custos podem representar um aspecto negativo da tecnologia, pois o preço da criptomoeda *Ether* varia de acordo com fatores ligados ao balanço de sua oferta e demanda.

Por outro lado, tendo em vista a disseminação do uso da tecnologia BIM na construção civil, a qual subentende o aumento da demanda pelo controle de autoria dos projetos, a relação custo-benefício ainda é positiva. Foi demonstrado que, mesmo diante da variação cambial da moeda *Ether*, o custo operacional da tecnologia *blockchain* da forma que foi apresentada é muito menor do que a modalidade de registro convencional, que é apresentada por cartórios no Estado do Tocantins, por atas notariais.

A facilidade de integração da tecnologia *blockchain* ao fluxo de projeto em BIM é outro aspecto a ser destacado. Ambas são tecnologias digitais, enquanto o uso de atas notariais depende de uma conversão da informação digital para uma tecnologia analógica do papel, a das atas notariais. Assim, considerando a dinamicidade de um ambiente de projetos BIM, o emprego da tecnologia *blockchain* é corroborado por ter um tempo de resposta imperceptível para o registro autoral.

Ao final deste trabalho, considera-se relevante à área da construção civil o aprofundamento do estudo da problemática do registro autoral com o emprego da tecnologia BIM. Para este fim, sugerem-se a seguir estudos relevantes:

- Este trabalho limitou-se à etapa de projeto, contudo, a tecnologia BIM é abrangente de modo que à medida que o modelo de informação avança no ciclo de vida, novos atores são inseridos. Neste aspecto, a dificuldade de se controlar a autoria provavelmente aumentará. Estudos com uma avaliação holística do fluxo de troca de informação é relevante para construção do conhecimento dentro desta problemática.
- Podem-se realizar estudos acerca dos custos operacionais de registro autoral levando em conta os valores das custas de atas notariais de cada Estado da República Federativa do Brasil, assim comparando estes valores ao de diferentes *blockchains*.
- Considerando que o fluxo apresentado neste trabalho é teórico, sugerem-se sua implantação e estudo em ambiente não teórico.
- Por fim, sugerem-se a inserção do controle de dependências de projeto apresentado em um servidor de modelo de informações BIM. Deste modo, dando maior naturalidade ao processo de projeto sob tecnologia BIM, onde há a demanda de controle autoral com *blockchain*.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10520-2002 - Informação e documentação — Citações em documentos - Apresentação**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2002.

_____. **NBR 6028-2003 - Informação e documentação — Resumo - Apresentação**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias, 2003.

_____. **NBR 14724-2011 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos - Apresentação**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2011.

_____. **NBR 6024-2012 - Informação e documentação — Numeração progressiva das seções de um documento — Apresentação**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2012.

_____. **NBR 6022-2018 - Informação e documentação — Artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - Apresentação**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2018.

AL HATTAB, M.; HAMZEH, F. Information flow comparison between traditional and BIM-based projects in the design phase. [S.l.]: [s.n.], 2013. p. 80–89. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84903276876&partnerID=40&md5=e70c16a3d3be7f2fae5cd96c2367f5ca>>.

ALRESHIDI, E.; MOURSHED, M.; REZGUI, Y. Factors for effective BIM governance. **Journal of Building Engineering**, 2017. v. 10, p. 89–101.

ALVES, P. H.; LAIGNER, R.; NASSER, R. Desmistificando Blockchain: Conceitos e Aplicações. In: MACIEL, C.; VITERBO, J. (Org.). **Computação e Sociedade**. Rio de Janeiro, RJ: Sociedade Brasileira de Computação, 2018, p. 1–24.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Document G202™-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form**.

ANTONOPOULOS, A. M.; WOOD, G. Mastering Ethereum: What is Ethereum. [S.l.], 2018a. . Acesso em: 17 jan. 2019.

_____. Mastering Ethereum: The Ethereum Virtual Machine. [S.l.], 2018b. Disponível em: <<https://github.com/ethereumbook/ethereumbook/blob/develop/13evm.asciidoc>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

_____. Mastering Ethereum: Wallets. [S.l.], 2018c. Disponível em: <<https://github.com/ethereumbook/ethereumbook/blob/develop/05wallets.asciidoc>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

ASCE. Application of Small Computers in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1 set. 1985. v. 111, n. 3, p. 173–189.

BEACH, T. *et al.* Management of Collaborative BIM Data by Federating Distributed BIM Models. **Journal of Computing in Civil Engineering**, 2017. v. 31, n. 4. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018761290&doi=10.1061%2F%28ASCE%29CP.1943-5487.0000657&partnerID=40&md5=29f062710a72e2c65f605cc53ed96e57>>.

BIMFORUM. Level of Development Specification - Version: 2013.

BIMFORUM. LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY.

BOSTON CONSULTING GROUP. The Transformative Power of Building Information Modeling. Boston, Massachusetts, United States: Boston Consulting Group, 2016. Disponível em: <<https://www.bcg.com/en-br/publications/2016/engineered-products-infrastructure-digital-transformative-power-building-information-modeling.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2018.

BRASIL. Minha Casa Minha Vida já investiu R\$ 270 bilhões na economia brasileira, afirma Dilma — Governo do Brasil. Blog do Planalto, [S.l.], 2015a. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/cidadania-e-inclusao/2015/08/minha-casa-minha-vida-ja-investiu-r-270-bilhoes-na-economia-brasileira-afirma-dilma>>. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. LEI Nº 13.105, DE 16 DE MARÇO DE 2015. Código de Processo Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm>. Acesso em: 18 jul. 2019b.

_____. **DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 - Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm>. Acesso em: 23 out. 2018a. Publication Title: Presidência da República.

_____. **Building Information Modelling - BIM. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços,** [S.l.], 2018b. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>>. Acesso em: 30 set. 2018.

BUILDINGSMART. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. buildingSMART International, [S.l.], 2019a. Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

_____. **IFC Formats - buildingSMART Technical. buildingSMART International,** [S.l.], 2019b. Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-formats/>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

_____. **MVD Database - buildingSMART Technical. buildingSMART International,** [S.l.], 2019c. Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/mvd/mvd-database/>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

BUTERIN, V. A NEXT GENERATION SMART CONTRACT & DECENTRALIZED APPLICATION PLATFORM. [S.l.]: [s.n.], 2014.

_____. **A Prehistory of the Ethereum Protocol.** [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://vitalik.ca/general/2017/09/14/prehistory.html>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

CASTELLANOS, J. A. F. et al. Cryptocurrency as guarantees of origin: Simulating a green certificate market with the Ethereum Blockchain. Laboratory for Control Technology,

Reutlingen University, Reutlingen, Germany: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017. p. 367–372.

CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Parte 5 - Formas de contratação BIM**. Brasília, DF: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016a. V. 5. Citation Key: Catelani2016.

_____. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Parte 4 - Fluxos de trabalho BIM**. Brasília, DF: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016b. V. 4.

CHEN, H.-M.; HOU, C.-C. Asynchronous online collaboration in BIM generation using hybrid client-server and P2P network. **Automation in Construction**, 2014. v. 45, p. 72–85.

CHOOSE A LICENSE. MIT License | Choose a License. [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://choosealicense.com/licenses/mit/>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

CHRISTIDIS, K.; DEVETSIKIOTIS, M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. **IEEE Access**, 2016. v. 4, p. 2292–2303.

DAY, M. S. **Bits to Bitcoin: How Our Digital Stuff Works**. 1. ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2018.

DIDIER JR., F.; BRAGA, P. S.; OLIVEIRA, R. A. De. **Curso de direito processual civil - vol 2: teoria da prova, direito probatório, ações probatórias, decisão, precedente, coisa julgada e antecipação dos efeitos da tutela**. 10. ed. Salvador, BA: Ed Jus Podivm, 2015.

DOSSICK, C. S.; NEFF, G. Organizational divisions in bim-enabled commercial construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2010. v. 136, n. 4, p. 459–467.

EADIE, R. *et al.* BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. **Automation in Construction**, 2013. v. 36, p. 145–151.

ECK, N. J. Van. **Methodological advances in bibliometric mapping of science**. [S.l.]: Erasmus University Rotterdam, 2011. Citation Key: van2011methodological.

ECK, N. J. Van; WALTMAN, L. **VOSviewer manual**. Leiden University. Pages: 53Publication Title: Centre for Science and Technology Studies (CWTS)Citation Key: van2019vosviewerPlace: Leiden, ND.

EY. **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**. São Paulo, SP: Ernst & Young, 2014. . Acesso em: 27 set. 2018.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. **Revista ACB**, 2016. v. 21, n. 3, p. 550–563.

FOSTER, L. L. **Legal Issues and Risks Associated with Building Information Modeling Technology**. [S.l.]: University of Kansas, 2008. Disponível em: <<https://kuscholarworks.ku.edu/handle/1808/4264>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

GERO, J. S. COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN—PAST, PRESENT AND FUTURE. **Architectural Science Review**, 1 mar. 1983. v. 26, n. 1, p. 2–5.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. Caderno de apresentação de projetos BIM. Place: Florianópolis, SC: 2014. p. 98.

IBGE. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1993.

IFTO. Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) dos cursos de graduação presenciais do IFTO. **Instituto Federal do Tocantins**, [S.l.], 2018. Disponível em: <<http://www.ifto.edu.br/ifto/colégiados/consup/documentos-aprovados/regulamentos/regulamentos-cursos-graduacao/regulamento-tcc-cursos-graduacao-presenciais-ift0-4edicao.pdf/view>>. Acesso em: 24 out. 2018.

INDIANA UNIVERSITY. About open source software and the Open Source Initiative. **Indiana University Knowledge**, [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://kb.iu.edu/d/annr>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

KENSEK, K. M. **Building Information Modeling**. 1. ed. New York, NY: Routledge, 2014.

KNEZEVIC, D. Impact of blockchain technology platform in changing the financial sector and other industries. **Montenegrin Journal of Economics**, 2018. v. 14, n. 1, p. 109–120.

KREIDER, R. G.; MESSNER, J. I. **The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses**. The Pennsylvania State University. Disponível em: <<http://bim.psu.edu>>. Pages: 23 Place: University Park, PA, USA.

KU, K. *et al.* 3D model-based collaboration in design development and construction of complex shaped buildings. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, 2008. v. 13, p. 458–485.

LEE, Geoffrey. The Oldest European Account Book: a Florentine Bank Ledger of 1211. **Nottingham Medieval Studies**, 11 dez. 2009. Disponível em: <<https://www.brepolonline.net/doi/abs/10.1484/J.NMS.3.55>>. Acesso em: 1 jul. 2018.

LI, J.; GREENWOOD, D.; KASSEM, M. Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. **Automation in Construction**, 2019. v. 102, p. 288–307.

LIU, Y.; NEDERVEEN, S. VAN; HERTOOGH, M. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. **International Journal of Project Management**, 2017. v. 35, n. 4, p. 686–698.

LONGO, F. *et al.* Blockchain-enabled supply chain: An experimental study. **Computers & Industrial Engineering**, 2019. v. 136, p. 57–69.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. [S.l.]: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013. Publication Title: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MARCACINI, A. T. R. Documento eletrônico como meio de prova. **Augusto Marcacini**, [S.l.], 1999. Disponível em: <<http://augustomarcacini.net/index.php/DireitoInformatica/DocumentoEletronico>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

MCADAM, B. Building information modelling: the UK legal context. **International Journal of Law in the Built Environment**, 2010. v. 2, n. 3, p. 246–259.

MERSCHBROCK, C. Unorchestrated symphony: The case of inter-organizational collaboration in digital construction design. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, 2012. v. 17, p. 333–350.

MOTA, M. ethnotary. [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://github.com/miguelmota/ethnotary>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

MUJUMDAR, P.; MAHESWARI, J. U. Design iteration in construction projects – Review and directions. **Alexandria Engineering Journal**, 2018. v. 57, n. 1, p. 321–329.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. [S.l.]: [s.n.], 2008.

NAWARI, N. O.; RAVINDRAN, S. Blockchain and the built environment: Potentials and limitations. **Journal of Building Engineering**, 2019. v. 25, p. 100832.

NBS. **NBS BIM Report 2018**. Newcastle upon Tyne: National Building Specification, 2018. arXiv: 1011.1669v3DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004ISBN: 9788578110796ISSN: 1098-6596.

NIBS. United States National Building Information Modeling Standard, Version 1, Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://nbimsdoc.opengeospatial.org>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

OPEN SOURCE INITIATIVE. The Open Source Definition. [S.l.], 2007. Disponível em: <<https://opensource.org/docs/osd>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

ORIGINALMY. [ENTREVISTA] LegalTalk #3: Nancy Caigawa | Propriedade Intelectual e os Impactos da Tecnologia. **OriginalMy Blockchain**, [S.l.], 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YVikoQno1B8&list=PLMmFb2_aqFvEPGMv98_QyknpoEL6GG2xz&index=10>. Acesso em: 19 jul. 2019.

OZERCAN, H. I. *et al.* Realizing the potential of blockchain technologies in genomics. **Genome Research**, 2018. v. 28, n. 9, p. 1255–1263.

PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DO TOCANTINS. **PROVIMENTO Nº 14/2016/CGJUS/TO**. Disponível em: <<http://wwa.tjto.jus.br/elegis/Home/Imprimir/1131>>. Acesso em: 18 jul. 2019. Pages: 22Place: Palmas, TO.

POIRIER, E. A.; FORGUES, D.; STAUB-FRENCH, S. Understanding the impact of BIM on collaboration: a Canadian case study. **Building Research and Information**, 2017. v. 45, n. 6, p. 681–695.

PROVASI, R.; FARAG, S. Accounting in Ancient Times: A Review of Classic References. **Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi**, 2013. n. 5, p. 68–87.

REZGUI, Y.; BEACH, T.; RANA, O. A governance approach for BIM management across lifecycle and supply chains using mixed-modes of information delivery. **Journal of Civil Engineering and Management**, 2013. v. 19, n. 2, p. 239–258.

SACKS, R. *et al.* **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. 3a. ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2018.

SAVELYEV, A. Copyright in the blockchain era: Promises and challenges. **Computer Law & Security Review**, 1 jun. 2018. v. 34, n. 3, p. 550–561.

SCHAPKE, S.-E. *et al.* Collaborative Data Management. **Building Information Modeling**. Cham: Springer International Publishing, 2018, p. 251–277.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. New York, NY, USA: Crown Publishing Group, 2017.

SILVA, D. H. P. Da; VIANNA, E. O. IDENTIFICAÇÃO DO ATUAL CENÁRIO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PALMAS - TO. **8ª JICE - Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, 2017. v. 8, n. 8, p. 8.

ST DENIS, T.; JOHNSON, S. Chapter 5 - Hash Functions. *In*: ST DENIS, T.; JOHNSON, S. B. T.-C. for D. (Org.). Burlington: Syngress, 2007, p. 203–250.

STEEMIT. Choosing between Centralized, Decentralized, and Distributed Networks. **Steemit**, [S.l.], 29 abr. 2018. Disponível em: <<https://steemit.com/cryptocurrency/@quantalysus/choosing-between-centralized-decentralized-and-distributed-networks>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

STOUGIANNOS, L.; MAGNERON, A. BIM, Blockchain and the Smart Construction Contract - Lexology. **LEXOLOGY**, [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=a94913aa-9135-4547-a5e4-5a114dc3d502>>. Acesso em: 30 maio. 2018.

SZABO, N. Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. **First Monday**, [S.l.], 1 set. 1997. Disponível em: <<http://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/article/view/548>>. Acesso em: 22 out. 2018.

THE UNIVERSITY OF NOTTINGHAM. Manuscripts and Special Collections. [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://www.nottingham.ac.uk/manuscriptsandspecialcollections/researchguidance/accounting/business.aspx>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

THEODORO JR., H. **Curso de Direito Processual Civil – Teoria geral do direito processual civil, processo de conhecimento e procedimento comum – vol. I**. 56. ed. Rio de Janeiro, RJ: Forense, 2015.

TOYODA, K. *et al.* A Novel Blockchain-Based Product Ownership Management System (POMS) for Anti-Counterfeits in the Post Supply Chain. **IEEE Access**, 2017. v. 5, p. 17465–17477.

TURK, Ž.; KLINC, R. Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. [S.l.]: [s.n.], 2017. V. 196, p. 638–645. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85030479533&doi=10.1016%2Fj.proeng.2017.08.052&partnerID=40&md5=4878dacb604a1adffad4e389b518d155>>.

TZITZIKAS, Y.; MARKETAKIS, Y. The File MyContacts.com: On Reading Unknown Digital Resources BT - Cinderella's Stick: A Fairy Tale for Digital Preservation. *In*: TZITZIKAS, Y.; MARKETAKIS, Y. (Org.). Cham: Springer International Publishing, 2018, p. 147–153.

UDOM, K. BIM: mapping out the legal issues | NBS. **NBS**, [S.l.], 2012. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/bim-mapping-out-the-legal-issues>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

WUST, K.; GERVAIS, A. Do you need a blockchain? [S.l.]: [s.n.], 2018. p. 45–54. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058290284&doi=10.1109%2FCVCBT.2018.00011&partnerID=40&md5=6712f545a93db75a70d8d63d289938ed>>.

ZHANG, J. *et al.* A multi-server information-sharing environment for cross-party collaboration on a private cloud. **Automation in Construction**, 2017. v. 81, p. 180–195.

ZHANG, Y.; LIN, X.; XU, C. **Blockchain-based secure data provenance for cloud storage**. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056471477&doi=10.1007%2F978-3-030-01950-1_1&partnerID=40&md5=f1d1c0284cc5f923272b37ec149513c7>. Pages: 3-19 Publication Title: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) volume: 11149 LNCSDOI: 10.1007/978-3-030-01950-1_1.

ZHAO, X. *et al.* Modelling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects. **Architectural Science Review**, 2017. v. 60, n. 6, p. 472–482.

ZHENG, R. *et al.* BcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud. **Mathematical Problems in Engineering**, 2019. v. 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064094006&doi=10.1155%2F2019%2F5349538&partnerID=40&md5=62000442b0f4e18468ab1e95bba8f5e8>>.

ZHENG, Z. *et al.* An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. [S.l.]: [s.n.], 2017. p. 557–564.