XII SIBRAGEC
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO
MACEIÓ - AL

PROPOSTA DE USO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA GESTÃO DE SUPRIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

GOMES, Ricardo Oliveira (1); SANTOS, Gisele Cristina Teles dos (2); ALBERTE, Elaine Pinto Varela (3); CARNEIRO, Alex Pires (4)

(1) Universidade Federal da Bahia, (75) ricardog@ufba.br (2) Universidade Federal da Bahia, santos.gisele@ufba.br, (3) Universidade Federal da Bahia, elaine.varela@ufba.br, (4) Universidade Federal da Bahia, alexpires@ufba.br

RESUMO

O fluxo de informações na cadeia de suprimentos da Construção Civil se destaca por ser pouco eficiente e carente de automatização. Alguns autores têm identificado o potencial da tecnologia de registro blockchain para solucionar problemas relacionados à falta de transparência, automatização, produtividade e eficiência. Este artigo apresenta uma proposta de sistema online para a gestão de suprimentos no setor da Construção Civil, a partir do uso da tecnologia blockchain. Para tal, realizou-se uma revisão sistemática da literatura para identificação do panorama atual do processo e das tecnologias aplicáveis; considerando os atores, os fluxos de informações, as funções da cadeia de suprimento e as necessidades de inovação do setor. Este estudo identificou 19 bibliografias relevantes para a questão de pesquisa, mapeou 23 evidências e, com base em uma matriz de análise de conteúdo, correlacionou os componentes da blockchain com as principais funções da cadeia de suprimentos da construção. Como principais contribuições deste estudo têm-se uma revisão sistemática da literatura sobre o tema; e a proposição de um sistema online com grande potencial para atender às necessidades e particularidades do setor da Construção.

Palavras chave: *Blockchain, Gestão de suprimentos, Construção, Automatização, Eficiência.*

ABSTRACT

The flow of information in the Construction supply chain stands out for being inefficient and lacking in automation. Some authors have identified the potential of blockchain technology to solve problems related to the lack of transparency, automation, productivity and efficiency. This article presents a proposal for an online system for supply management in the Construction sector, using blockchain technology. To this end, a systematic review of the literature was carried out to identify the current panorama of the process and the applicable technologies; considering the actors, information flows, supply chain functions and the sector's innovation needs. This study identified 19 relevant bibliographies to the research question, mapped 23 evidences and, based on a content analysis matrix, correlated the components of the blockchain with the main functions of the construction supply chain. The main contributions of this study are a systematic review of the literature on the subject; and the proposition of an online system with great potential to meet the needs and particularities of the Construction sector.

Keywords: *Blockchain, Supply management, Construction, Automation, Efficiency.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria da Construção caracteriza-se por desenvolver projetos singulares que abarcam uma cadeia produtiva fragmentada, complexa e heterogênea, com processos tecnológicos, produtos e atores diversos. Tais particularidades, proporcionam vários problemas, na

[1] GOMES, R. O.; SANTOS, G. C. T. dos; ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P. Proposta de uso da tecnologia de registro Blockchain na gestão de suprimentos da Construção Civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais**[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/449. Acesso em: 2 out. 2021.

gestão da cadeia de suprimentos do setor, relacionados à aquisição, transporte e rastreabilidade (WANG 2020; HUNHEVICZ, HALL 2020). O fluxo de informações na cadeia de suprimentos da construção ainda é carente por recursos que proporcionem uma gestão de dados automatizada, integrada, eficiente e confiável (JU, DING, SKINIEWSKI 2017).

Com o surgimento do conceito da Indústria 4.0, o setor de construção tem buscado soluções com base tecnológica para digitalizar e automatizar os processos existentes, afim de garantir transparência, eficiência e clareza nos dados obtidos. Neste esforço, observa-se a importância de uso da tecnologia da informação, de sistemas de comunicação e de bases para análise e correspondência de dados. E, neste sentido, alguns autores têm destacado o potencial da tecnologia *blockchain* para transformar a indústria da construção (SHI *et al*, 2021; SHEMOV *et al*, 2020; TEZEL *et al*, 2020).

A incorporação da tecnologia de registro *Blockchain* (ou sua sigla em inglês BT, *Blockchain tecnology*) na gestão da cadeia de suprimentos da construção (CSC) pode produzir melhorias diretas com a otimização não somente do processo de aquisição, mas também no transporte, armazenamento e controle de estoque.

BT é uma solução tecnológica para infraestrutura em rede de pares baseada em bancos de dados distribuídos em rede, vinculados por meio de contratos inteligentes, que fornecem a lógica de negócios (SHARMA, KUMAR 2020). Esta rede de pares é uma arquitetura de sistemas distribuídos nos quais recursos são compartilhados e podem ser acessados por outros pares diretamente, sem passar por entidades intermediárias (SHI, 2021). Já um contrato inteligente é um programa embutido para a execução automática de ações como resultado da ocorrência de determinados eventos (LANKO 2018). A BT ainda é composta por: serviço de associação – organiza e transmite as transações (informações) recebidas, permitindo o controle de acesso à BT (DIAS, 2019); evento - confirmação de um novo bloco na rede (DIAS, 2019); gerenciamento de sistemas - monitora o estado do livro razão distribuído entre os nós através da comunicação da rede de pares (NGUYEN et al. 2018); e sistema integrado – integração direta a BT com sistemas externos de forma eficiente visando desintermediar processos (XU et al 2016).

Para Tezel *et al* (2020), a integração de aplicativos de *blockchain* aos processos da cadeia de suprimentos pode transformar o processo de aquisição de uma empresa, trazendo confiança e transparência incorporadas, pagamentos simplificados, intermediários removidos e segurança e produtividade aprimoradas. Para Lanko, Vatin e Kaklauskas (2018), o sistema unificado e distribuído inibe que o fabricante utilize materiais que não atendam aos padrões de qualidade exigidos e permite monitorar a hora e local de sua fabricação, e a cadeia logística até a obra, revelando as condições inadequadas de armazenamento ou transporte. Segundo Wang (2017), a confiança é o fator que mais influencia o uso da BT na gestão da cadeia de suprimentos. Confiança esta que refere à confiabilidade das informações fornecidas entre as partes numa transação ou à segurança e proteção dos dados gerenciados por uma autoridade central.

O presente trabalho objetiva apresentar uma proposta de plataforma online para a gestão de suprimentos no setor da Construção Civil, a partir do uso da BT. Almeja-se que o uso da BT possa automatizar o modo como o processo de compra e venda dos insumos construtivos é realizado. A descentralização que rege esta tecnologia, faz com que a conferência de dados ocorra de forma instantânea, e poderia facilmente ser aplicada a fim de conferir a maior eficiência à CSC e viabilizar transações de forma menos burocrática. Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para o progresso do uso da BT na construção civil, ao propor um sistema online utilizando esta tecnologia para sanar as dores existentes na cadeia de suprimentos do setor.

2 METODOLOGIA

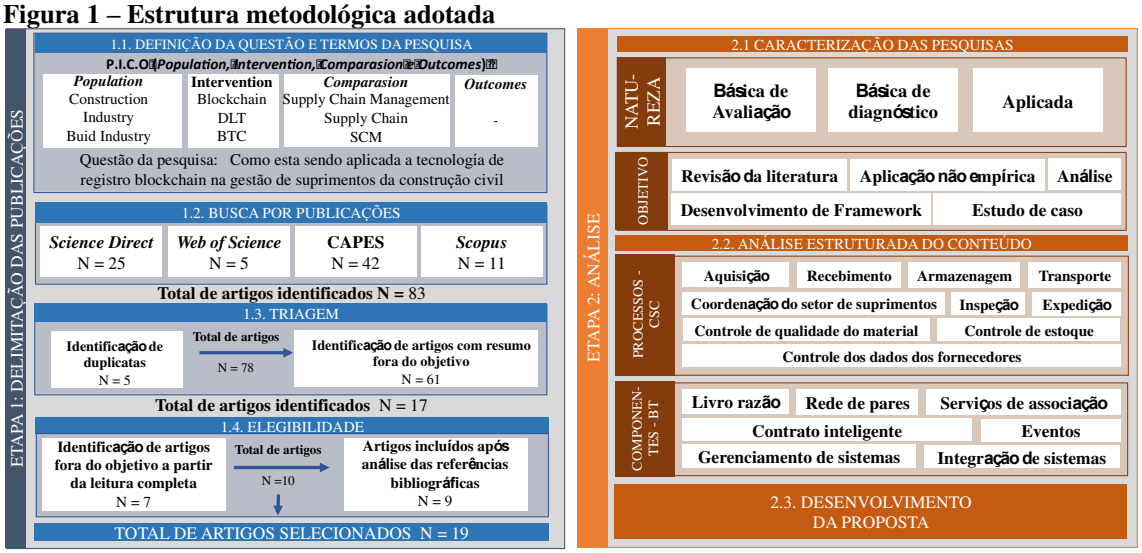
Este estudo realiza uma revisão sistemática da literatura (RSL) sobre o uso da BT na CSC, de caráter exploratório, com o objetivo de desenvolver uma proposta de plataforma para tal fim. Considera-se aqui RSL como uma pesquisa científica cujo objetivo é localizar os estudos mais relevantes existentes com base em questões de pesquisa formuladas anteriormente para avaliar e sintetizar suas respectivas contribuições (CAIADO *et al*, 2016). O estudo divide-se em duas macro etapas (Figura 1).

Na Etapa 1 (Delimitação das publicações), inicialmente definiu-se a questão e termos (string) de pesquisa, segundo adaptação de Agostinho e Granja (2016) do método PICO (*Population, Intervention, Comparison e Outcomes*). Os termos de pesquisa foram escolhidos destacando-se assunto (*population*), intervenção (*intervention*), equiparação (*comparison*) e efeito (*outcomes*) (PAI *et al*, 2016). Deste modo, a *string* de busca adotada foi: ((*construction industry*) OR (*build indstry*)) *AND* ((*blockchain*) *OR* (DLT) *OR* (BTC)) *AND* ((*supply chain management*) *OR* (*supply chain*) *OR* (SCM)). A busca por publicações, limitada a artigos científicos em inglês, foi realizada nas seguintes bases de dados: *Science Direct, Web of Science*, Periódicos CAPES e *Scopus*. Não foram impostas restrições temporais. A busca pelos termos considerou apenas a presença destes em título, resumo e palavras-chaves.

Dos 83 artigos obtidos, 5 foram identificados como duplicados. Os 78 artigos remanescentes foram analisados, a partir da leitura dos títulos e resumos, buscando-se confirmar sua relação direta com a questão da pesquisa. Desse primeiro filtro (triagem) foram excluídos 62 artigos. A alta redução no número de artigos se deu principalmente na base CAPES, onde 35 artigos foram eliminados por não abordarem de forma direta a questão da pesquisa. O segundo filtro (elegibilidade) foi realizado com a leitura completa das publicações. Foram selecionados artigos que apresentassem alguma aplicação da BT na CSC ou sub-aplicação. No segundo filtro, apenas 9 artigos atenderam ao requisito. Dez artigos foram incluídos a partir das referências dos artigos elegíveis e de sugestões apresentadas pelas bases de dados.

Na Etapa 2 (Análise dos dados), realizou-se a caracterização das pesquisas por natureza e objetivo e a análise estruturada do seu conteúdo, onde, com o auxílio de uma matriz, foram identificadas evidências que proporcionaram a conexão / relação entre os componentes da BT com as funções / processos da gestão de suprimentos para a indústria da construção. Com os resultados obtidos, foi desenvolvida uma proposta de plataforma com formato e estrutura que atendessem as demandas do setor, e considerasse as potencialidades da BT.

Figura 1 – Estrutura metodológica adotada



Fonte: autores

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Figura 2 apresenta características da bibliografia selecionada e analisada (autores, ano, natureza e objetivo da pesquisa). A maioria das pesquisas são dedicadas à geração de conhecimento para soluções e discussões do problema, isto é, possuem natureza aplicada, porém poucos apresentam uma abordagem científica nas discussões. A quase totalidade aborda o tema de forma empírica e/ou descreve possíveis implementações, além de serem estudos recentes. Apesar dessa lacuna, observaram-se aplicações exitosas da BT na gestão de suprimentos utilizando plataformas privadas como *HyperLedger Fabric*.

Figura 2 – Bibliografia selecionada

#	Autor(es)	Ano	Natureza	Objetivo
A1	Kshetri	2017	Básica de Avaliação	Desenvolvimento de teoria por estudo de casos
A2	Wang et al	2017	Aplicada	Propor aplicações para o uso da blockchain em 3 áreas específicas da construção.
A3	Montecchi et al	2019	Básica de Avaliação	Aplicação de blockchain na gestão de suprimentos para estabelecer proveniência.
A4	Dolgui et al	2019	Aplicada	Desenvolvimento de modelo para design de contratos inteligentes
A5	Pournader et al	2019	Básica de Avaliação	RSL com abordagem induzida
A6	Shi et al	2019	Básica de Diagnóstico	Síntese do panorama atual do uso da blockchain na gestão de suprimentos
A7	Bai, Sarkis	2020	Básica de Avaliação	Avaliação de performance da blockchain na gestão de suprimentos.
A8	Wang et al	2020	Aplicada	Desenvolvimento de framework para cadeia de suprimentos de pré-fabricados
A9	Wang;Beynon-Davies	2019	Básica de Diagnóstico	RSL sobre como BT pode influenciar as práticas e políticas futuras da cadeia de suprimentos.
A10	Lanko et al	2018	Aplicada	Aplicação do blockchain associado ao RFID
A11	Wang et al	2020	Aplicada	Avaliação de como projetar uma CSC habilitada para blockchain.
A12	Tezel et al	2020	Básica de Diagnóstico	Análise sobre criação de cadeias de suprimentos baseadas em BT
A13	Hunhevicz, Hall	2020	Aplicada	Apresentação de framework para decisão de design de blockchain na construção
A14	Sharma; Kumar	2020	Aplicada	Análise dos desafios para a aplicação da blockchain na construção
A15	Chong;Diamantopoulos	2020	Aplicada	Criação de framework para tratar de questões de problema de pagamentos
A16	Badi et al	2021	Básica de Diagnóstico	Identificação de fatores que influenciam a adoção de contratos inteligentes na construção.
A17	Yang et al	2020	Aplicada	Desenvolvimento de solução com BT para dois casos industriais
A18	Shi et al	2021	Aplicada	Aplicação de blockchain em um sistema P2P na construção
A19	Shemov et al	2020	Básica de Diagnóstico	Revisão de literatura

Fonte: autores

A Figura 3 mostra a relação das 23 evidências encontradas por fonte e descrição da evidência, enquanto a Figura 4 apresenta a matriz de análise do conteúdo realizada.

Nesta matriz relacionam-se evidências identificadas nos textos que apontam para a validação da união de uma função da cadeia de suprimentos com as componentes da BT. A matriz representa intersecções de uso, de modo a estabelecer conexões de uso na literatura para conformar o estado de conhecimento atual. A variação de cores apresentada na matriz busca ressaltar as células com maior quantidade de evidências identificadas (tom mais escuro), das células com menor quantidade (tom mais claro).

Quanto aos processos de gestão da CSC, os mais evidenciados na matriz são os processos de aquisição, transporte e controle de qualidade do material, o que indica que essas fases apresentam importante potencial de melhoria com o uso de BT:

- O processo de aquisição requer confiança de ambas as partes, além da necessidade de desburocratização que envolve a necessidade de um intermediador nas relações, de um volume de processos e assinaturas;
- Ter o controle do horário em que o material solicitado foi liberado do fornecedor e a sua localização espacial traz em si segurança ao planejamento realizado nas obras.

A especificação de qualidade dos materiais, atenção a padrões de norma ISO, e especificações de fabricação, precisam ser garantidas no processo de negociação dos materiais entre as partes envolvidas.
Já livro razão, redes de pares e contratos inteligentes são os componentes da BT mais destacados na matriz de conteúdo, apontando para o olhar de que as características e benefícios inerentes a esses componentes podem trazer benefícios diretos para as etapas de controle de qualidade transporte e aquisição. Nesse âmbito, a análise de conteúdo demonstrou que algumas intersecções tiveram tendência a ter um maior número de evidências registradas. São elas: Livro razão & Controle de qualidade do material (4 evidências); Livro razão & Transporte (3 evidências); Contrato inteligente & Aquisição (3 evidências); e Contrato inteligente & Transporte (4 evidências).

Figura 3 - Evidências identificadas na bibliografia selecionada

#	Artigo	EVIDÊNCIA
E2	A17, A19	A blockchain mantém um histórico de transações inalterável e criptografado, que permite uma maior confiança na autenticidade dos dados. Aumenta-se a confiança no material sendo comprado e melhora o processo de aquisição e expedição.
E3	A2; A3; A13;A7; A19	Assim como citado em E2, o livro razão possui um registro inalterável. Analisando os registros do caminho do material no livro razão, é possível identificar problemas ou inconformidades como desvio de remessas e substituição do produto.
E4	A8; A10; A15;A7;A19	A junção de tecnologias como RFID e GPS criam um ambiente dentro da *blockchain* em que informações de localização e status são entregues rápida e confiavelmente para os agentes da cadeia de suprimentos.
E5	A5; A8; A13;A7	Dentro de plataformas como o HyperLedge Fabric é possível aplicar canais para acesso a informações e opções referentes a contratos inteligentes em execução. Os canais em junção do serviço de associação permitem uma transparência entre os participantes da rede com as devidas autorizações para seus papéis.
E6	A1; A2; A3; A8;	A produção de contratos inteligentes via livro razão fazem com que transações tenham um grau de certeza de execução. As transações são executadas e salvas no registro, gerando provas que os dados são de confiabilidade sólida.
E7	A3; A7; A2	A blockchain permite uma aumento da confiança do cliente no fornecedor, o que resulta em processos de compras mais rápidos, e menor preocupação com atrasos e produtos de baixa qualidade.
E8	A8; A12	Com a rede de pares, porém, os dados são acessíveis em tempo real a todos os participantes da rede, e precisam da confirmação de todos. Transparência e gestão do estoque em tempo real são os principais benefícios
E9	A1; A2	Com a autenticidade das informações e histórico de mudanças no livro razão, é possível reduzir custos com verificação de documentos e arquivos para cumprir regulações governamentais.
E10	A2	Contratos inteligentes tem teor inambíguo e previsível. Os termos programados são semelhantes aos de contratos normais, entretanto contratos inteligentes não precisam de grandes empresas de advocacia para estabelecer confiança entre companhias diferentes dentro da construção.
E11	A5	A combinação de BT e IOT possibilita a conexão entre milhares de dispositivos sem a necessidade de intermediários. Com a certeza de não alteração nos sensores, tem-se ideia das condições de entrega do produto, bem como o processo de entrega
E12	A5	A junção de contratos inteligentes e IoT contribuem para evitar problemas de não recebimento ou atraso no pedido. Ao relacionar um evento a um dado sensor ligado à blockchain, encadeia-se a execução do contrato. O valor do sensor, tempo e outros atributos são programados no contrato.
E13	A1; A5	Tendo em vista E11, e sabendo da autenticidade dos dados produzidos pelos dispositivos IoT que publicam na blockchain, é possível analisar a qualidade dos dados de forma semelhante a E3.
E14	A5	É possível automatizar o recebimento de produtos com o uso de chaves criptografadas e registradas na blockchain, diminuindo custos com fiscais internos, e registrando-se transação na blockchain.
E15	A5	A rede de pares impede que participantes modifiquem dados sem consentimento de toda a rede
E16	A4	A exatidão da blockchain e sua transparência para os membros da cadeia de suprimentos, permite uma melhora no gerenciamento dos materiais e previsão de demandas.
E17	A4	É possível desenvolver um sistema de controle de agendamento, utilizando contratos inteligentes e algoritmos, promovendo melhor desempenho na confiança das entregas e na rede.
E18	A7; A15	É possível reduzir custos com auditores com a aplicação de uma blockchain. visto que esta função pode ser substituída pelas características imutáveis e compartilhadas da blockchain. Tal ação impacta na gestão do transporte da carga e na inspeção, fiscalizadas por auditores
E19	A17	O uso da interface do sistema da blockchain permite aos stakeholders terem acessos as devidas informações e comandos pré-estabelecidos, aumentando a transparência e segurança dos dados.
E20	A17	Integrar BT com sistemas de gerenciamento produz praticidade na implementação desses sistemas e maior confiabilidade de armazenamento dos dados, promovendo segurança cibernética dentro das empresas..
E21	A12; A19	O controle da qualidade do material, são passíveis de programação através dos contratos inteligentes. Além de desburocratizar processo de verificação na atenção nas normas aos materiais solicitados, é possível aumentar a confiança entre as partes
E22	A12	A integração de sistemas BIM com BT também possibilita o controle de qualidade dos materiais solicitados. Algumas das principais práticas relacionadas estão na identificação de produtos falsificados.
E23	A19	Funções associadas à localização do produto no processo de transportação e entrega do produto podem ser desempenhadas pelos contratos inteligentes.

Fonte: autores

Figura 4 – Matriz de análise do conteúdo

Componentes BT	Funções cadeia de suprimentos									
	Manutenção de estoque			Processamento dos pedidos			Suprimentos ou Obtenção			Transporte
	Recebimento	Armazenamento	Controle estoque	Coordenação setor	Controle qualidade material	Aquisição	Dados fornecedor	Expedição	Inspeção	
Livro Razão	**E8**	**E8, E16**	**E8, E16**	**E8, E9**	**E2, E3, E11, E13**	**E2, E3**	**-**	**E2**	**E6, E18**	**E4, E11, E18**
Rede de computadores	**E16**	**E15, E16**	**E15, E16**	**E15**	**E11, E15**	**E15**	**E15**	**E15**	**E15**	**E11, E15**
Serviço de associação	**-**	**-**	**-**	**E5**	**-**	**-**	**E4, E5**	**-**	**-**	**-**
Contrato inteligente	**E14**	**-**	**-**	**E12**	**E21**	**E1, E10, E17**	**-**	**E17**	**E5, E18**	**E4, E14, E17, E18, E23**
Eventos	**E14**	**-**	**-**	**E12**	**-**	**E17**	**-**	**E17**	**-**	**-**
Gerenciamento de sistemas	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**	**E19**
Imigração de sistemas	**E20**	**E20**	**E20**	**E20**	**E20, E22**	**E20**	**E20**	**E20**	**E20**	**E4, E20**

Fonte: autores

Observa-se assim, a grande importância que esses dois componentes (livro razão e contrato) têm para a *blockchain*. No transporte, o livro razão pode registrar ocorrências de localização e o contrato inteligente executa contratos segundo o estado do transporte. Em relação ao controle de qualidade do material, o livro razão dá transparência da origem e etapas de fabricação do produto. Os contratos inteligentes, por sua vez, garantem que acordos entre as partes se autoexecutem na liberação das etapas de cada processo da CSC tornam as transações mais rápidas, menos burocráticas e mais seguras.

Tendo em vista a usabilidade da BT, duas evidências chamam atenção. A primeira, E4, demonstra uma incorporação de tecnologias de rastreamento e controle de acesso com a *blockchain* na etapa de transporte da cadeia de suprimentos. O objetivo é rastrear a geolocalização do material ao longo da cadeia, com o registro feito em formato de transação no livro razão. Uma abordagem semelhante é apresentada em E12, porém voltado para o disparo de pagamento pela confirmação de sensores como o RFID. A segunda evidência, E5, demonstra como um dos recursos do *Hiperledger – Channels* – pode ajudar no desenvolvimento de cadeias de suprimento. A partir do seu uso, é possível estruturar de forma segura as relações entre os *stakeholders* da cadeia.

4 SISTEMA PROPOSTO

As principais decisões para a construção daquilo que se pretende da plataforma foram tomadas a partir das evidências apontadas no estudo da literatura. Tendo em vista os resultados obtidos, o sistema proposto neste estudo busca resolver problemas relacionados à fragmentação de informações, falta de confiança entre *stakeholders* e dificuldade na procura de responsáveis legais por falhas. Para tal, utiliza-se criptografia, rede de pares, algoritmo de consenso, entre outras tecnologias.

A plataforma escolhida foi o *Hyperledger Fabric* da *Linux Foundation*, por seu caráter privado ou permissionário. Entende-se que tal estrutura é fundamental ao ambiente organizacional objeto de intervenção, que possui grande complexidade de atores.

A figura 5a representa de forma simplificada as conexões existentes na CSC. As setas são uma simplificação visual, podendo a transportadora fazer conexões com a própria construtora. Por ser permissionário, o sistema possui foco no tipo de acesso realizado no livro razão, permitindo criação de papéis como clientes e validadores dentro da rede. Como cliente também podem ser definidos outros papéis como contratante, contratado e fiscalizador, sendo também configurado o tipo de consenso na rede.

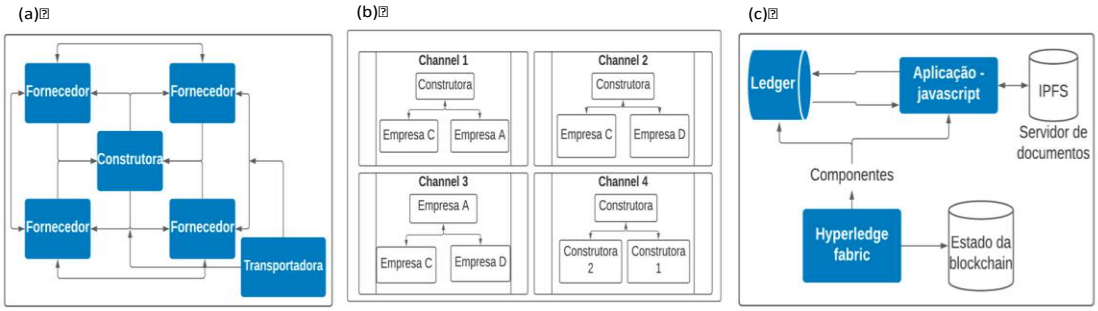
A dinâmica de vendas separadas dentro da mesma cadeia de suprimentos será feita com o uso de *channels* (canais de acesso com as devidas autorizações) no *Hyperledger Fabric*, conforme evidenciado em E5. Os *channels* são conexões particulares dentro da blockchain para preservar a privacidade dos participantes. Logo, é possível ter empresas concorrentes na mesma rede com a segurança de que as informações de vendas e compras continuarão sendo privadas para os usuários do *channel* (Figura 5b).

A figura 5c apresenta a estrutura do sistema proposto em macro escala. Dentro da estrutura existente no *Hyperledger*, tem-se: o livro razão, como armazenagem distribuída de todas as transações; o estado da *blockchain*, que é um banco de dados onde estão armazenados os dados mais atuais do livro razão; a aplicação em *javascript* responsável pela interação do usuário com as funcionalidades do *Hyperledger*; e o IPFS (Sistema de Arquivos Interplanetário), onde serão armazenados documentos como comprovantes, assinaturas, pdf e outros anexos derivados das transações físicas da CSC.

Observa-se aqui a criação de um formato de contrato que traz confiabilidade ao processo de pagamento, sendo executado sem a intervenção de terceiros (evidência E10). Com registros imutáveis, o sistema proposto busca produzir a certeza de que aquilo que foi programado será executado, considerando ainda a possibilidade de pagamento com

programação, após fechamento do contrato (evidência E1). A evidência E2 ressalta também a confiança na autenticidade dos dados pelo registro imutável no livro-razão, enquanto E6 destaca um certo grau de certeza na execução do contrato devido a esta confiabilidade. A evidência E7 observa, em particular, o aumento da confiança entre cliente e fornecedor, tendo em vista tais características do sistema.

Figura 5 – Rede de transações na CSC (a) Rede de relacionamentos entre entidades na rede; (b) Uso de *channels* no sistema; (c) Interconexões existente no sistema proposto



A figura 6 esquematiza o processo de compra através do sistema proposto, indicando algumas ligações com o livro razão e o IPFS. O processo de compra, ou transação, é feito pela construtora em um dos fornecedores. Porém, esse processo também pode ser assimilado para outra empresa que faça parte da cadeia e esteja dentro da rede do *Hyperledger Fabric*, tendo, assim, um comprador, uma transportadora e um fornecedor.

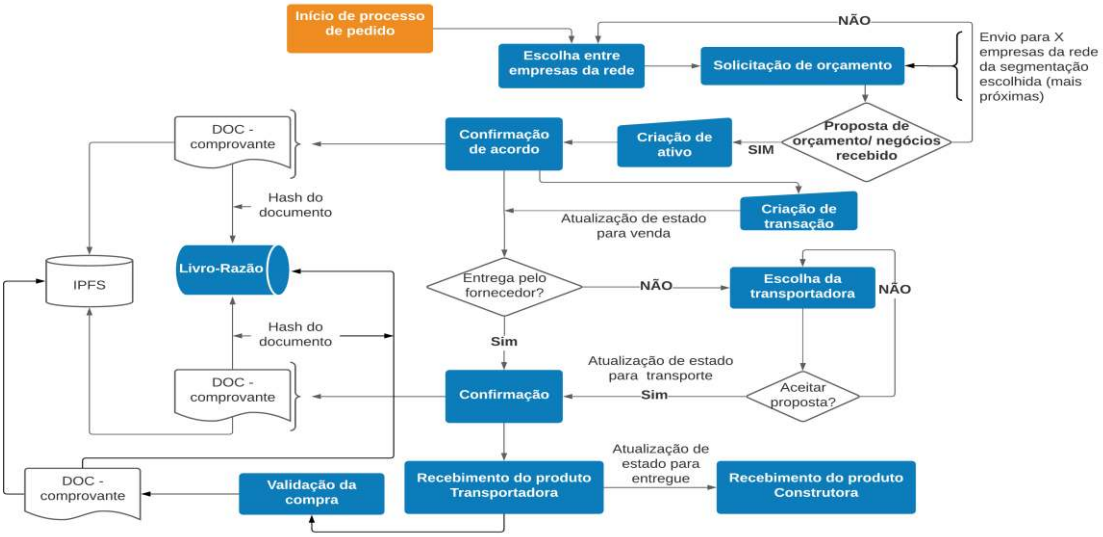
O *Hyperledger Fabric* foi identificado como a tecnologia ideal para a concepção de uma ferramenta que aplicasse os benefícios da *blockchain* dentro de uma CSC. Sua característica privada permite uma camada de segurança extra sobre os dados sensíveis dos participantes. E, exatamente por isso, observa-se aqui o desafio de conceitualizar o funcionamento da entrada de participantes. Entende-se que se este papel estiver com a construtora, ela ficará responsável por gerar as credenciais de acesso da nova empresa. Outra possibilidade é a realização de consórcio, em que uma certa porcentagem dos participantes teria que concordar para a entrada de novos membros.

Sobre as informações administradas pela plataforma, enfatiza-se que o acesso a esses dados não se tornaria público. Igual aos dados de fornecedores, o acesso a estas informações seria confiabilidade e caráter distribuído da plataforma Hyperledger Fabric, em específico por ser uma rede permissionada com uso dos *channels*. De todos os modos, os dados estarão acessíveis em tempo real a todos os participantes, uma vez que se necessita a confirmação de todos (rede de pares), observando as informações e comandos pré-estabelecidos (evidências E8 e E19). Nota-se ainda a redução de custos com verificação de documentos e auditores (*compliance*) devido à imutabilidade, rastreabilidade e transparência proporcionada pela BT (evidências E9 e E18).

O sistema também será estruturado para realizar o registro de localização e status do material. O uso de RFID (sigla em inglês para radiofrequência) e GPS (sigla em inglês para sistema de posicionamento global) poderá ser previsto no futuro para apoiar o rastreamento e programação de ações (evidências E4 e E23). Os dados serão disponibilizados de forma a auxiliar a gestão do estoque em tempo real e a previsão de demandas por parte da construtora. Para tal, também é previsto o desenvolvimento de sistema de controle de agendamento usando contratos inteligentes e algoritmos (evidências E8, E16, E17 e E20). Dados relacionados ao controle de qualidade dos insumos também poderão ser programados nos contratos inteligentes. Estes registros poderão sinalizar problemas e inconformidades no processo relacionados ao atendimento de normas e/ou requisitos técnicos ou prazos e forma de entrega (evidências E3 e E21). Futuramente, também poderá ser prevista a automatização do recebimento de produtos

com chaves criptografadas e registradas na *blockchain*, reduzindo custos com fiscalização (evidência E14).

Figura 6 - Fluxograma dos processos de compra no sistema proposto



Fonte: autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho ampliou o conhecimento sobre os principais problemas do uso da *blockchain* aplicado à CSC. Foram levantadas evidências de uso da *blockchain* na CSC, categorizando as vantagens do seu uso por componentes e funções. O sistema proposto tem como desafios a integração de sistemas do *Hyperledger Fabric*, o desenvolvimento de *channel*s e a esquematização da cadeia de suprimentos dentro da *blockchain*, bem como a adição e o controle dos membros dentro da rede.

Espera-se que este trabalho contribua para acelerar a adoção da *blockchain* na indústria da construção e fomente a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico sobre o tema.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) / UFBA e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, H. L.; GRANJA, A. D. Comparação de Modelos Contratuais na Construção Civil: Um Mapeamento Sistemático de Literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais [...] Porto Alegre: ANTAC, 2016.

BAI, C.; SARKIS, J. A supply chain transparency and sustainability technology appraisal model for blockchain technology. **International Journal of Production Research**. v. 58, n. 6. 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1708989.

CAIADO, R. et al. Metodologia de revisão sistemática da literatura com aplicação do método de apoio multicritério à decisão smarter. In: **XII CNEG & III INOVARSE**. 2016. Anais [...] Rio de Janeiro: XII CNEG & III INOVARSE.

CHANG, Y.; IAKAVOU, E.; SHI, W. Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. **International Journal of Production Research**. v. 58, n. 7, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651946.

CHONG, H.; DIAMANTOPOULOS, A. Integrating advanced technologies to uphold security of payment: Data flow diagram. **Automation in Construction.** v. 114. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103158.
DOLGUI, A. et al. Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain. **International Journal of Production Research.** v. 58, n. 7. 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1627439.
HUNHEVICZ, J.; HALL, D. Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options. **Advanced Engineering Informatics**. v. 45. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/J.AEI.2020.101094.
JU, Q.; DING, L.; SKIBNIEWSKI, M. J. Optimization strategies to eliminate interface conflicts in complex supply chains of construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**. v. 23, n. 6, p. 712-726. 2017. DOI: https://doi.org/10.3846/13923730.2016.1232305.
KSHETRI, N. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. **International Journal of Information Management**. v. 39, p. 80-89. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2017.12.005.
LANKO, A.; VATIN, N.; KAKLAUSKAS, A. Application of RFID combined with blockchain technology in logistics of construction materials. **MATEC Web of Conferences**. v. 170. 2018. DOI: https://doi.org/10.1051/matecconf/201811003032.
MONTECCHI, M.; PLANGGER, K.; ETTER, M. It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain. **Business Horizons**. v. 62, n. 3. 2019. DOI: https://doi.org/ 10.1016/J.BUSHOR.2019.01.008.

NGUYEN, B. et. al. Hyper-ledger: Protocol specification. Hyperledger Org., 2018.

PAI, M. et al. Clinical Research Methods. **National Medical Journal Of India**. v. 17, n. 2. 2004. Disponível em: https://www.paitbgroup.org/wp-content/uploads/Papers/2004/2004-XX-PaiM-NMJI.pdf. Acesso em: 30 agosto 2021.

POURNADER, M. et al. Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. **International Journal of Production Research**. v. 58, n.5. 2019. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650976SHARMA. M., KUMAR, S. The Implication of Blockchain as a Disruptive Technology for Construction Industry. **IIM Kozhikode Society & Management Review**, v. 9, n.2, 2020.

SHEMOV, G.; GARCIA DE SOTO, B.; ALKHZAIMI, H. Blockchain applied to the construction supply chain: A case study with threat model. **Frontiers of Engineering Management**. v. 7. 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/S4252A-020-0129-X.
SHI, M. et al. Using Blockchain Technology to Implement Peer-to-Peer Network in Construction Industry. In: Santos E. T.; Scheer S. (org.) Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020. Lecture Notes in Civil Engineering. Switzerland: Springer, 2021. p. 839-849. 2008. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_58.
TEZEL, A. et al. Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions. **Frontiers of Engineering Management**. v. 7, p. 547-563. 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s42524-020-0110-8.

WANG, J. The outlook of blockchain technology for construction engineering management, **Frontiers of Engineering Management**. v. 4. 2017. DOI: https://doi.org/10.15302/J-FEM-2017006.

WANG, Y. et al. Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. **Supply Chain Management: An International Journal.** v. 24. 2019. DOI: https://doi.org/10.1108/scm-03-2018-0148.

WANG, Y.; CHEN, C.; ZGHARI-SALES, A. Designing a blockchain enabled supply chain. **International Journal of Production Research**. v. 59, n.5. 2020 DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824086.

WANG, Z. et al. Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction. **Automation in Construction**. v. 101. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103063.

YANG, R. et al. Public and private blockchain in construction business process and information integration. **Automation in Construction**. v. 118. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103276.

XU, X. et al. **The blockchain as a software connector**. In: 13th Working IEEE/IFIPConf. on Software Architecture (WICSA). Anais […] p. 182–191. 2016. Veneza, Itália: 13th WICSA.