Enriquecimento de IFC através de dados vinculados ao *blockchain*

https://doi.org/10.21814/uminho.ed.164.11

Tiago Ricotta[1], **Miguel Azenha**[2]

[1] *Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, 0009-0006-8188-6932*

[2] *Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, 0000-0003-1374-9427*

Resumo

O BIM representa um avanço significativo na gestão de informações, impulsionado por regras e normas crescentes, como a ISO 19560, além de outras iniciativas, incluindo sistemas de classificação e dicionário de dados. Estas ferramentas aprimoram a gestão e rastreamento das informações de um empreendimento. Contudo, durante a fase de construção, o enriquecimento de informações apresenta desafios notáveis. Frequentemente, o controle do modelo é mantido pelo projetista, levando os empreiteiros gerais a desenvolverem novos modelos específicos para atender às contingências de fragmentação e necessidade de maior granularidade. Este processo, embora necessário, pode levar à falta de sincronicidade do modelo original devido à multiplicidade de subempreiteiros envolvidos, comprometendo os benefícios potenciais do BIM. Esta situação evidencia a falta de um método unificado para o enriquecimento do modelo para construção que, simultaneamente, assegure a verificação da autenticidade e integridade das informações. Este artigo propõe uma abordagem para registrar os dados recolhidos durante a fase de construção de um empreendimento, armazenando-os em um modelo de informações baseado em IFC conectado ao blockchain. Como resultado desta abordagem, é possível garantir a integridade e rastreabilidade das dados recolhidos no estaleiro, abrindo-se novas possibilidades de uso destas informações durante o ciclo de vida do ativo construído.

1. Introdução

A indústria AEC, devido à sua natureza fragmentada, enfrenta um desafio em relação à produtividade, que acaba também se relacionando ao uso do *Building Information Modelling* (*BIM*). Nesse cenário, a complexidade reside na definição e identificação dos tipos de informações que devem ser enriquecidos nos modelos para atender a objetivos diversos [1], entre eles, o acompanhamento da execução de uma obra. Isso exige uma coordenação eficiente para garantir a disponibilidade de dados relevantes em diferentes fases de maturidade da informação e para diferentes partes interessadas simultaneamente, isto porque projetos de construção são empreendimentos complexos, caracterizados por um estado contínuo de incerteza, atribuída à vasta quantidade de atores envolvidos, no qual, frequentemente, observa-se a necessidade de interação entre equipes distribuídas geograficamente [2].

Esta troca de dados pode compreender processos rotineiros, tecnologias e meios utilizados para gerar e partilhar informações de design e construção, tanto internamente na empresa contratada para a construção, quanto externamente entre empresas subcontratadas para executar os serviços. Além disso, o impulso para novos métodos de construção e avanços na produção digital têm tornado a troca de informações mais complexa e desafiadora [3]. A fragmentação, especificamente como uma questão de comunicação, pode se tornar um problema significativo se não for adequadamente abordada.

O nível de fragmentação na comunicação, aliado à característica da indústria da construção civil de manipulação intensa de dados de forma manual, pode acarretar diversos tipos de problemas. Estes incluem a falta de meios para lidar com dados heterogêneos oriundos de várias fontes [4], ambiguidade nas mensagens ou na comunicação, incerteza sobre com quem partilhar ou receber informações e a decisão sobre comunicar-se com o diretor do projeto a respeito das informações necessárias [5]. Uma comunicação eficaz é essencial para produzir um ambiente de trabalho mais compreensível e facilitar a interação entre as partes interessadas, garantindo assim a conclusão bem-sucedida do empreendimento [6].

Um exemplo que ilustra a necessidade de evolução na comunicação e padronização na partilha de dados na construção é o fato de que em muitos estaleiros, mesmo naqueles com um alto orçamento de construção, ainda existem subempreiteiros emitindo simples recibos de papel para os empreiteiros gerais realizarem o pagamento do trabalho realizado. Estes simples documentos informam o empreiteiro geral o serviço realizado e a quantia a ser paga ao subempreiteiro. Se o responsável pelo pagamento perder o recibo, o subempreiteiro não receberá o pagamento, desencadeando um processo complexo para obter a remuneração devida. Vale destacar que um recibo de trabalho executado não é o único tipo de dado que circula em um estaleiro, existem centenas de tipos de dados que podem ter múltiplas outras fontes com dados estruturados e não estruturados. Organizar todos esses conjuntos de informações e comunicar de maneira eficaz a adição, remoção e atualizações de cada tipo de dado durante uma fase de construção representa um desafio significativo.

Como uma maneira de melhorar a gestão de dados, a série de normas ISO 19650 foi desenvolvida com o propósito de abordar as várias fases de um ativo com o auxílio do *BIM*. Ela estabelece padrões para requisitos de informações que abrangem desde a organização até a troca de informações, incluindo a definição dos níveis necessários de informação. Além disso, a série normativa ISO 17412, sobre nível necessário de informação, preconiza a não disponibilização de dados em excesso, fornecendo informações apenas no nível solicitado, e promove o fluxo contínuo de informações por meio de um Ambiente Comum de Dados (*Common Data Environment - CDE*). Esse ambiente possibilita a construção do Modelo de Informação de Projeto (*Project Information Model – PIM*) e do Modelo de Informação do Ativo (*Asset Information Model – AIM*) ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento. O *AIM* deve ser concebido como um modelo de informações federado capaz de incluir conteúdos fornecidos por diversas entidades fornecedoras de informações [7], principalmente entidades alocadas durante a fase de construção de um empreendimento, ou seja, a correta recolha e gestão de dados de construção é fundamental para a futura gestão do ativo construído.

Neste contexto de gestão da recolha de dados que são produzidos no estaleiro, surge uma possível integração entre a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), com sua natureza fragmentada, com tecnologias que já nasceram baseadas na fragmentação e que possuem um grande potencial de solucionar o problema de comunicação, esta tecnologia é o *blockchain*. O *blockchain* representa um tipo de Rede de Registos Distribuídos (*Distributed Ledger Technology - DLT*), caracterizada por operar como um banco de dados distribuído que mantém uma lista de registos de dados criptografados, protegidos contra adulterações e revisões [8]. Devido a essas características, o *blockchain* tem sido objeto de vários estudos e aplicações nas mais diversas indústrias, incluindo a indústria AEC. No âmbito da AEC, o *blockchain* oferece oportunidades significativas e pode abordar uma ampla gama de desafios como a melhoria da colaboração entre as partes interessadas em contratos, a gestão de gémeos digitais, a redução de erros e redundância de dados, a desintermediação, eficiência e aceleração de transações mais económicas para pagamentos e gestão de contratos, bem como aprimoramentos na segurança, rastreabilidade e auditoria de informações relacionadas à construção [9].

Para que a integração entre o *BIM* e a tecnologia *blockchain* seja bem sucedida, é imperativo estabelecer diretrizes e regras precisas para o registo de dados de construção em modelos, garantindo a devida identificação dos responsáveis pelas informações que estão sendo recolhidos. Este artigo propõe uma forma de registar os dados recolhidos no estaleiro, sejam dados estruturados ou não estruturados, utilizando o *Industry Foundation Classes* (*IFC*) conectados a uma rede *blockchain*, de maneira a formalizar a entrega de dados de forma integra, garantindo que não haja futuras modificações das informações entregues ao proprietário do ativo e garantindo a disponibilidade dos dados registados em qualquer fase e necessidade de uso posterior ao momento em que o dado original foi recolhido e registado no *IFC*.

2. Integração entre IFC e *Blockchain*

Blockchain é conhecido por sua segurança e proteção de dados, mas a privacidade pode ser um problema, uma vez que as informações, a depender da rede *blockchain*, são públicas. Apesar disso, somente os registos das transações são visíveis publicamente, e os dados propriamente ditos podem ser criptografados para manter seguras as informações sensíveis e pessoais. Muitas pesquisas sobre a combinação de *BIM* com *blockchain* utilizam técnicas de criptografia derivadas das redes *blockchain*, sendo a mais comum a função *sha256* . Essa técnica transforma uma mensagem em um código fixo chamado *hash* [9]. O processo garante que é praticamente impossível encontrar duas mensagens diferentes que resultem no mesmo *hash*. A Figura 1 mostra um exemplo prático do uso do *sha256*: um utilizador insere um texto simples, que vem a ser um recorte de um código de modelo baseado em *IFC*, e o algoritmo gera um código único baseado nesse texto, ou seja, podemos proteger o *IFC* contra alterações validando se o código original possui a mesma *hash* do código do arquivo consumido por qualquer parte interessada no futuro. Cada combinação de dados resulta em um código *hash* exclusivo.

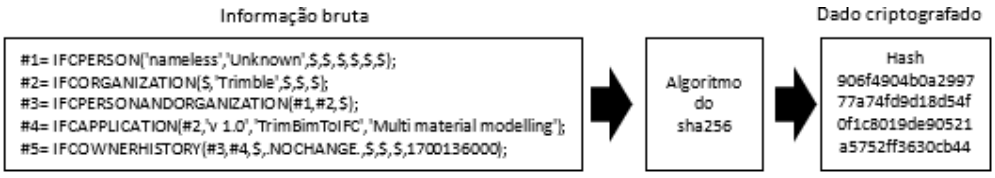


Figura 1
Processo de funcionamento do algoritmo *sha256*.

Durante o processo de construção de um empreendimento em que o *BIM* seja utilizado, é comum haver a definição de um *CDE* para centralizar todas as informações que venha a ser partilhadas entre as diversas partes interessadas. Entretanto, as equipes de construção estão distribuídas geograficamente em um estaleiro e podem recolher diversos tipos de dados utilizando recursos e aplicativos diferentes dos definidos como o *CDE* inicialmente, tais como fotos, vídeos, mensagem de texto e voz por aplicativos de comunicação informais, formulários em papel, formulários e folhas de cálculo digitais, entre outros tipos de dados. Neste momento existem duas necessidades: 1) garantir que o dado remetido seja autêntico. 2) estruturar os dados de maneira a fazerem sentido aos futuros profissionais que irão consumi-los.

Para solucionar a primeira necessidade, utilizando-se de redes *DLT* é possível criar um *CDE* com *backend* distribuído no qual todos os dados de construção podem ser guardados no *DLT*. Baseado no *sha256* a rede irá gerar um Identificador de Conteúdo (*Content Identifier – CID*), que nada mais é do que uma *hash* baseado em *sha256* que funciona como um endereço para encontar o arquivo guardado em uma rede *DLT* como o *Interplanety File System* (*IPFS*), a rede utilizada neste estudo. Este *CID*, se buscado de qualquer dispositivo com acesso a rede *IPFS,* irá encontrar o arquivo especificado. O *CID* gerado pelo *IPFS*, utilizando códigos em *Python*, pode ser guardado, no que foi estabelecido neste trabalho, como um livro de registo de transações, que é um contrato inteligente conectado ao *blockchain* e projetado para recolher as

trocas de dados entre empreiteiros gerais e subempreiteiros neste estudo, desta forma o projeto de *CDE* fragmentado consegue rastrear todos os dados de construção guardados no *IPFS*.

Para a segunda necessidade, o esquema de dados *IFC* apresenta uma variedade de classes existentes que podem ser utilizadas para a incorporação de informações das mais diversas fontes, desde que haja um mapeamento do tipo de dado que esteja sendo registado. A abordagem proposta neste artigo envolve principalmente três classes essenciais: *IfcPropertySet*, *IfcDocumentReference* e *IfcOwnerHistory*. As informações adquiridas durante o período de construção, passíveis de serem transformadas em atributos, podem ser adequadamente armazenadas seguindo a estrutura da classe *IfcPropertySet*, outras classes podem ser utilizadas a depender da semântica a ser adoatada como dados de custos ou planejamento utilizando *IfcCostItem* ou *IfcTask*, por exemplo. Por outro lado, as informações que não são passíveis de conversão em atributos, como imagens e vídeos, podem ser gerenciadas de acordo com a lógica definida pela classe *IfcDocumentReference*. A identificação e registo dos responsáveis pela recolha das informações podem ser armazenados e rastreados por meio da utilização da lógica da classe *IfcOwnerHistory*. A combinação dessas três classes *IFC* proporciona a criação de uma abordagem de dados vinculados ao *blockchain* que aborda eficazmente o desafio de disponibilizar informações distintas para diversas partes interessadas, capitalizando-se na descentralização oferecida pela tecnologia *blockchain*. Isso resulta em uma solução que atende às necessidades dos envolvidos no registo de dados de construção, permitindo a partilha eficiente de informações simultaneamente ao enriquecimento do *IFC*.

3. Abordagem para enriquecimento de IFC

A estrutura de enriquecimento de IFC através de dados vinculados ao *blockchain* deve seguir algumas etapas, notadamente descritas através da figura 2:

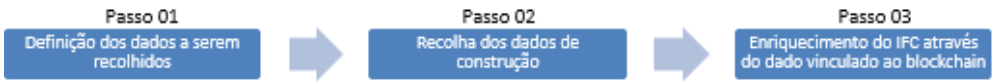


Figura 2
Etapas para enriquecimento de *IFC* com dados vinculados ao *blockchain*.

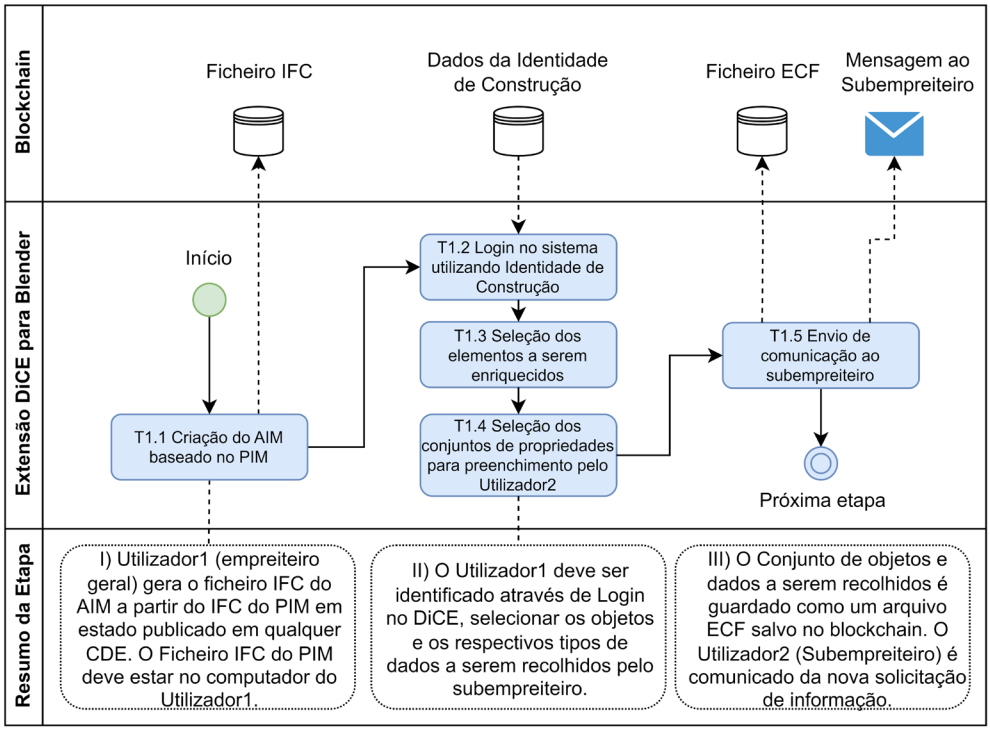
3.1. Definição dos dados a serem recolhidos

Para realizar a recolha de dados de construção utilizando a abordagem com *blockchain* é fundamental considerar dois importantes aspectos no processo: o primeiro aspecto é a seleção e a categorização apropriada dos tipos de dados a serem recolhidos e o segundo aspecto seria a identificação dos responsáveis por registar os dados.

A categorização dos dados deve separar os dados estruturados, que são informações passíveis de serem registadas como atributos no *IfcPropertySet* (ou outras classes *IFC* mais apropriedadas a depender do tipo de dado), dos dados não estruturados, que atuam com vínculos no *blockchain* para serem visualizados no *IfcDocumentReference*,

como imagens ou vídeos. Para o registo dos responsáveis pela recolha dos dados, deve-se utilizar a Identidade Descentralizada (*DID*), que é essencial para interações com redes *blockchain*. Neste estudo, a identidade é conhecida como Identidade de Construção (*ConstructionID*). A Figura 3 ilustra o processo de definição dos dados a serem recolhidos, detalhando a aplicação destes princípios através de uma extensão chamada *DiCE* desenvolvida para o software *Blender*.

Figura 3
Etapas para a definição dos dados a serem recolhidos no estaleiro.



O software *Blender* é utilizado para visualização do *IFC* e a extensão *DiCE* possibilita a conexão do *IFC* diretamente com o *blockchain*. Neste estudo o processo é dividido entre dois utilizadores, o "Utilizador1" que faz o papel do empreiteiro geral e o "Utilizador2", que faz o papel do subempreiteiro. Como descrito na Figura 3, a tarefa *T1.1* considera que o empreiteiro geral deve gerar o *AIM* baseado no *PIM* em estado publicado no *CDE* escolhido para a fase de projeto, isto pode ser feito importando os ficheiros *IFC* do *PIM* no *Blender* e guardando os ficheiros com um nome escolhido pelo empreiteiro geral direto no *blockchain*. Na tarefa *T1.2*, para realizar o *login* o Utilizador1 deve possuir uma Identidade de Construção, a geração da identidade pode ser realizada através da versão do *DiCE* para *desktop*. Para este estudo foram criadas duas Identidades de Construção, uma para o Utilizador1 e outra para o Utilizador2. Importa referir que o empreiteiro geral não está sujeito a custos de licenciamento para os utilizadores, estando assim habilitada a gerar um número ilimitado de Identidades de Construção para a gestão do sistema. Estas identidades podem ser reutilizadas em diversos projetos do portfólio do empreiteiro geral e não apresentam uma data de expiração. Para a simulação da tarefa *T1.3*, o Utilizador1 seleciona as portas do *AIM* criado no *Blender* e na tarefa *T1.4* seleciona os conjuntos de atributos

IFC a serem recolhidos no esteleiro, os conjuntos "*Pset_ManufacturerTypeInformation*" e "*Pset_DoorCommon*" foram selecionados, além de imagens documentando o progresso de uma obra em conjunto com alguns recibos de pagamento. Na tarefa *T1.5* o Utilizador1 deve enviar este conjunto de objetos a serem enriquecidos para o Utilizador2, isto é realizado através de um novo formato de colaboração que foi baseado no *BIM Collaboration Format* (*BCF*), este formato foi desenvolvido exclusivamente para fins de troca de informações para a fase de construção e é chamado de Formato de Enriquecimento Colaborativo (*Enrichment Collaboration Format – ECF*). O *ECF* é necessário pois o *BCF* possui uma estrutura rígida com campos definidos e não permite a completa customização dos conjuntos de propriedades a serem preenchidos pelos utilizadores. A Figura 4 destaca o protótipo da extensão *DiCE* para *Blender* que, como protótipo, ainda utiliza dados de *hash* do *blockchain* em sua interface, mas isto pode ser alterado para formatos que humanos possam ler no futuro.

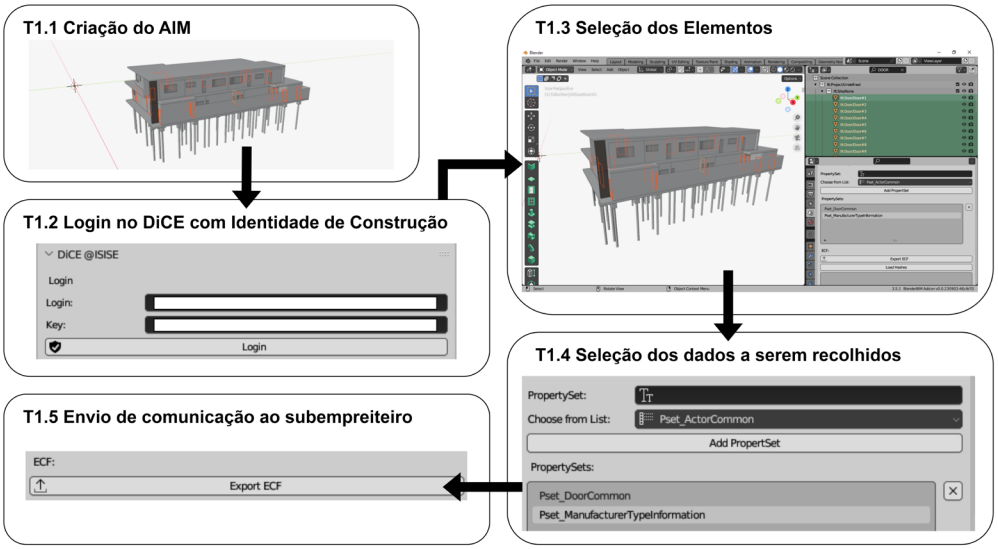


Figura 4
Fluxo da extensão *DiCE* desenvolvida para *Blender*.

3.2. Recolha dos dados de construção

O Utilizador2, após o Utilizador1 definir quais elementos e tipo de dados que devem ser recolhidos no estaleiro, é notificado sobre a existência de novos elementos cujos dados necessitam ser recolhidos e remetidos ao empreiteiro geral. Esta notificação pode ser um SMS, um e-mail ou uma notificação na versão *DiCE* para *desktop*. A Figura 5 exemplifica o processo de recolha dos dados de construção.

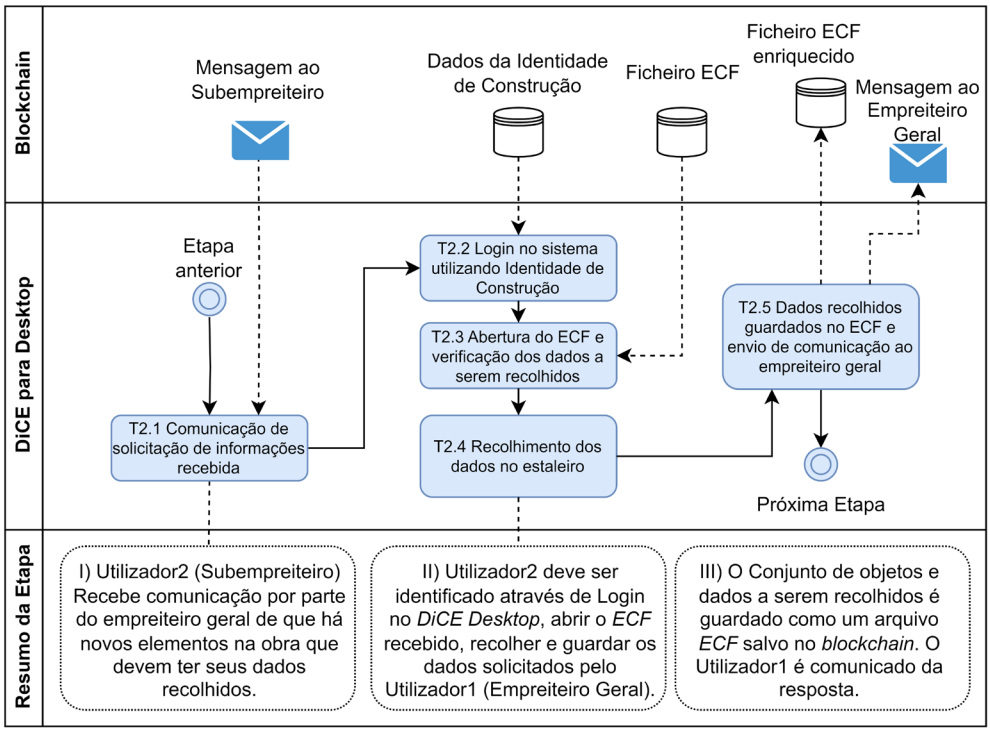


Figura 5
Etapas para a recolha dos dados de construção pelo subempreiteiro.

A tarefa *T2.1* é o recebimento da comunicação. A tarefa *T2.2* é o *login* do Utilizador 2 no *DiCE desktop* utilizando a sua Identidade de Construção. A tarefa *T2.3* é a abertura do *ECF* gerado pelo Utilizador1 na etapa anterior e os dados solicitados, que são interligados ao blockchain por intermédio do *ECF*, são apresentados e compreendem todos os conjuntos de propriedades de dados estruturados e não estruturados que devem ser recolhidos pelo Utilizador2. A tarefa *T2.4* é a recolha dos dados e inclusão destes no sistema *DiCE desktop*, que é um protótipo para uma futura evolução deste aplicativo para versão *mobile*. Concluída a recolha dos dados, a tarefa *T2.5* é iniciada e o Utilizador2 pode guardar o *ECF*, o que faz com que o sistema, por intermédio do *DiCE desktop*, realize a emissão de uma comunicação ao Utilizador1 informando a finalização do processo de recolha de dados no estaleiro. A Figura 6 destaca o protótipo da extensão *DiCE* para *desktop* que, como protótipo, ainda utiliza dados de *hash* do *blockchain* em sua interface, mas isto pode ser alterado para formatos que humanos possam ler no futuro.

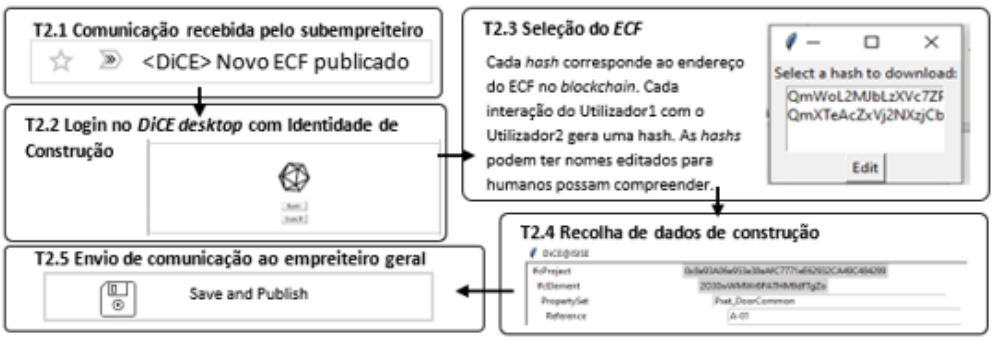


Figura 6
Aplicativo para interação entre empreiteiro geral e subempreiteiro.

3.3. Enriquecimento do IFC

O Utilizador1 após receber a comunicação do Utilizador 2 de que os dados foram recolhidos pode seguir com o processo. A Figura 7 exemplifica as etapas de enriquecimento do IFC.

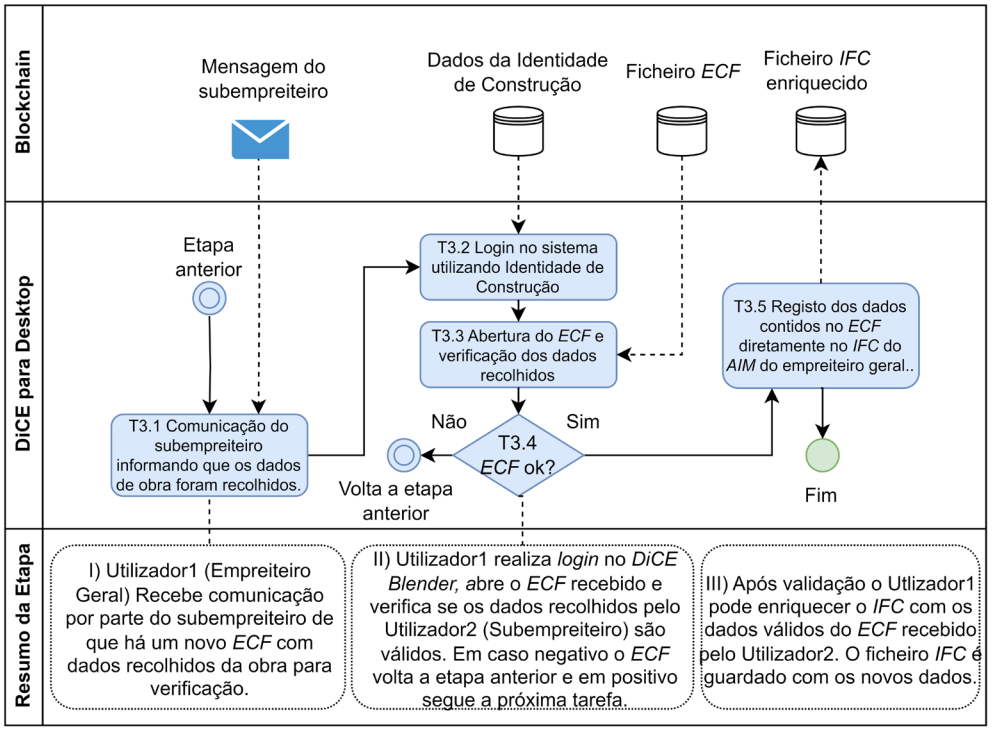


Figura 7
Etapas para o enriquecimento do IFC.

Na tarefa *T3.1* o Utilizador1 recebe uma comunicação de que há um novo *ECF* para ser analisado. O Utilizador1 realiza *login* no *DiCE Blender* na tarefa *T3.2* e segue para a analise dos dados do *ECF* na tarefa *T3.3*. A Figura 8 demonstra o processo de analise em que o botão "*Load Hashes*" carrega todos os *ECFs* disponíveis para enriquecimento do *IFC*. O Utilizador1 pode selecionar da lista o *ECF* a ser analisado e na tarefa *T3.4* decidir pela aprovação ou não dos dados, voltando ao processo de recolha da etapa anterior ou seguir para a tarefa *T3.5* em que poderá enriquecer os objetos do *IFC*. O *DiCE Blender* trata os dados estruturados e não estruturados de maneira distinta. Considera os dados estruturados do *ECF*, os quais são passíveis de armazenamento em classes especificas para sua semânticas, tais como *IfcTask*, *IfcCostItem* ou *IfcPropertySet* (utilizado neste estudo). Em contrapartida, os dados não estruturados, representados por fotografias ou vídeos, são alocados no *IfcDocumentReference*. Esta abordagem possibilita a criação de um vínculo consultável no *blockchain* direto na estrutura do *IFC*. A utilização da classe *IfcOwnerHistory* é utilizada para registrar o responsável pela recolha do dado, desta forma todos as classes *IFC* utilizadas para guardar dados de obra irão possuir um *IfcOnwerHistory* único que identifica não só o utilizador, mas também a data de inserção do dado no *IFC*. O enriquecimento do IFC em si não possui nenhum custo para o empreiteiro geral que consolida os dados com

um simples botão no *DiCE*, que pode ainda, através do algoritmo *sha256*, gerar uma *hash* que ateste que o *IFC* não foi modificado por nenhuma outra parte interessada além do próprio empreiteiro geral responsável pela execução da obra.

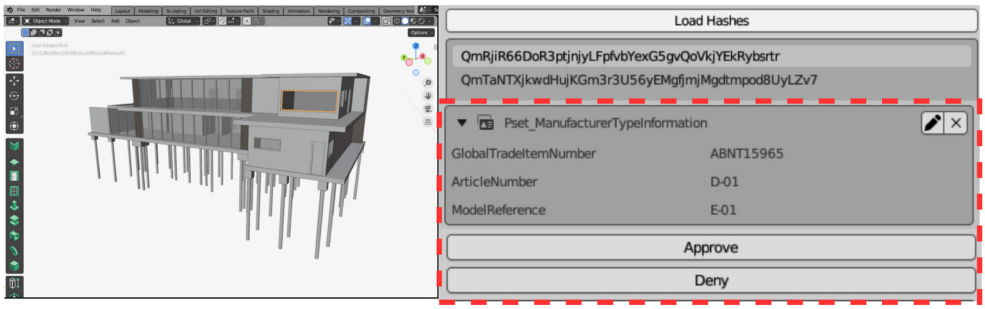


Figura 8
ECF selecionado e dados de obra carregados para o IFC.

Embora o empreiteiro geral não incorra em despesas para efetuar o enriquecimento do IFC, existem custos associados à comunicação entre a mesma e os empreiteiros. No âmbito de uma simulação, considerando que o volume de interações atinja a cifra de 10.000 - sendo que cada interação corresponde a uma única comunicação efetuada, de modo que o envio de uma mensagem é contabilizado como uma interação distinta, assim como o seu recebimento - e assumindo um custo médio de €0,05 por utilização da rede *blockchain Polygon*, estima-se que o custo total para a manutenção do sistema durante a execução de uma obra seja de €500.

4. Conclusão

A proposta inicial, que visava desenvolver um método para registar os dados recolhidos no estaleiro, empregando o *IFC* interligado ao *blockchain* e assegurando a disponibilidade dos dados registados na fase de construção para utilização subsequente ao momento da sua recolha e registo no *IFC* foi concretizada com êxito. Há, desta forma, a garantia de que o resultado final da obra seja um *IFC* integro, imutável e com a possibilidade de realização de rastreabilidade e auditoria sobre todos os dados recolhidos no estaleiro. Contudo, este avanço sublinha a importância de uma classificação mais precisa dos variados tipos de dados presentes em estaleiros e a sua adequada inserção em classes *IFC* correspondentes, visando não somente à elevação da eficiência, mas também ao aperfeiçoamento semântico dos dados registados. Estudos futuros que examinem a viabilidade financeira da arquitetura da solução proposta e a performance relativa ao esquema de dados *IFC* baseados na linguagem *STEP* são essenciais para assegurar uma experiência de uso satisfatória da abordagem sugerida.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC) no âmbito da Unidade de I&D Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Engenharia de Estruturas (ISISE), sob a referência UIDB/04029/2020

(https://doi.org/10.54499/UIDB/04029/2020), e sob o Laboratório Associado de Produção Avançada e Sistemas Inteligentes ARISE sob a referência LA/P/0112/2020.

Referências

[1] Lieyun, D., Ying, Z. & Burcu, A., 2014. Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. Automation in Construction, 5 May, pp. 82-93 (86).

[2] Perera, H., Azadnia, A.H., Ghadimi, P.. Development of a Multi-Agent System to Takle Communication Fragmentation and Information Exchange in the Construction Industry (2022) IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 10, Pages 335--340, https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.409.

[3] Hamid Abdirad, Carrie S. Dossick, Brian R. Johnson & Giovanni Migliaccio (2021) Disruptive information exchange requirements in construction projects: perception and response patterns, Building Research & Information, 49:2, 161--178, DOI: 10.1080/09613218.2020.1750939.

[4] Wu, L., AbouRizk, S.(2023). Towards Construction's Digital Future: A Roadmap for Enhancing Data Value. In: Walbridge, S, Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2021. CSCE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 251. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1029-6_17

[5] Henderson, L.S., Stackman, R.W. and Lindekilde, R. (2016), "The centrality of communication norm alignment, role clarity, and trust in global project teams", International Journal of Project Management, Vol. 34 No. 8, pp. 1717-1730.

[6] Gamil, Y. Rhaman, I..Studying the relationship between causes and effects of poor communication in construction projects using PLS-SEM approach Journal of Facilities Management. Vol. 21 No. 1, 2023. pp. 102-148 Emerald Publishing Limited. 1472-5967. DOI 10.1108/JFM-04-2021-0039

[7] ISO, Organization, and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets, 2020, p. 7. https://www.iso.org/standard/75109.html.

[8] Capgemini (2015). Blockchain: A fundamental shift for financial services institutions: what you need to know about blockchain and how to assess the opportunity. https://www.capgemini.com/br-pt/wp-content/uploads/sites/8/2017/08/blockchain_pov_2015.pdf

[9] Li, J.; Greenwood, D.; Kassem, M. Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models, and practical use cases. Autom. Constr. 2019, 102, 288 307.https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005.

[10] Gilbert, Henri & Handschuh, Helena. (2003). Security Analysis of SHA-256 and Sisters. Sel. Areas Crypt. Lect. Notes Comp. Sci..3006.175-193.10.1007/978-3-540-24654-1_13.