XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8602

Proposta de modelagem de conhecimento com aplicação em HBIM

Proposal for knowledge modeling applied to HBIM

Cristiano Saad Travassos do Carmo
Universidade Federal Fluminense | Niterói | Brasil | cst.carmo@gmail.com
Raquel Ribeiro Sant'Anna
Universidade Federal Fluminense | Niterói | Brasil | raquelrsa@id.uff.br
Renata Gonçalves Faisca
Universidade Federal Fluminense | Niterói | Brasil | renatafaisca@id.uff.br
Sarah Ferreira Margon
Universidade Federal Fluminense | Niterói | Brasil | sarah_margon@id.uff.br
Thiago Ribeiro da Paixão
Universidade Federal Fluminense | Niterói | Brasil | thiagopaixao@id.uff.br
Pedro Luiz Dias Oliveira
Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro | Brasil | diaspedro.arq@gmail.com

Resumo

Este trabalho propõe uma metodologia de modelagem de conhecimento da construção (BKM) aplicada ao ativo histórico construído. A abordagem é dividida em três fases: coleta de dados e informações de documentos históricos digitalizados e modelos IFC; modelagem de conhecimento por meio de ontologias estruturadas e modelos de linguagem; e processos de validação. Aplicou-se o método ao caso dos Arcos da Lapa, no Rio de Janeiro, e os resultados indicaram alta acurácia na extração textual da documentação histórica (94,72%). Porém, a modelagem com LLM evidenciou a produção de alucinações na base de conhecimento. Conclui-se que o BKM viabiliza a inserção de valores histórico e cultural em modelos digitais, superando o uso de repositórios estáticos de informação. Contudo, o estudo reforça que a curadoria humana é indispensável para garantir a confiabilidade da base de conhecimento gerada.

Palavras-chave: Modelagem do conhecimento. BKM. HBIM. Modelos de linguagem.

Abstract

This study proposes a Building Knowledge Modeling (BKM) methodology applied to historical built assets. The approach is divided into three phases: data and information collection from digitized historical documents and IFC models; knowledge modeling through structured ontologies and language models; and validation processes. The method was applied to the case of the Arcos da Lapa, in Rio de Janeiro, and the results indicated high accuracy in textual extraction from historical documentation (94.72%). However, modeling with LLM evidenced the production of hallucinations in the knowledge base. It is concluded that BKM enables the insertion of historical and cultural values into digital models, surpassing the use of static information repositories. Nevertheless, the study reinforces that human curation is indispensable to ensure the reliability of the generated knowledge base.

Keywords: Knowledge modeling. BKM. HBIM. Language models.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8602

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da Modelagem da Informação da Construção (BIM), os projetos de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) passaram a ser orientados aos dados e informações, que não somente auxiliam os fluxos de trabalhos, como também as tomadas de decisões (1). De fato, no ambiente digital compartilhado proporcionado pela metodologia BIM, o processo de projetar é auxiliado com um pensamento algorítmico, análogo ao que ocorre com a modelagem paramétrica definida por Woodbury (2).

No contexto atual da construção civil, com demandas crescentes por lucratividade, é então uma oportunidade para melhorar os indicadores de produtividade. Entretanto, com o acréscimo excessivo de dados e informações no fluxo de trabalho, o processo de projeto pode enfrentar um *design freeze* maior do que o esperado e, então, a implementação BIM pode resultar no oposto do desejado.

Neste contexto, a modelagem de conhecimento aparece como um possível caminho para trabalhar com o grande volume de dados e informações, por meio da inclusão de estruturas ontológicas que podem inferir dialogicamente com o usuário. O termo Modelagem do Conhecimento da Construção (do inglês, *Building Knowledge Modeling* - BKM) foi originado no trabalho de Fruchter, Schrotenboer e Luth (3). Existem dois tipos de conhecimento: o explícito, que pode ser codificado, escrito e ser transmitido por meio de arquivos digitais; e o tácito, que está nas experiências e habilidades das pessoas, ou seja, o *know-how* (4).

Além disso, Fruchter, Schrotenboer e Luth (3) defendem que o conhecimento é fruto das interações entre pessoas em busca de soluções, levando em consideração tanto documentos quanto experiências. Portanto, a experiência humana é necessária para a criação de conhecimento, principalmente o tácito.

Ressalta-se, entretanto, que o BKM apresenta uma literatura em desenvolvimento na indústria da construção e é uma lacuna científica a ser explorada no presente estudo. O objetivo do trabalho é, então, propor uma metodologia de aplicação da modelagem de conhecimento com estudo de caso em edificações históricas. A aplicação no patrimônio histórico é devido ao desafio de coleta informações e conhecimento que normalmente a área enfrenta no Brasil; logo, o estudo pretende contribuir para que a temática Historic BIM (HBIM) seja apoiada não somente pela modelagem das informações como também pelo conhecimento resgatado das documentações existentes.

REVISÃO DA LITERATURA

Foi realizada uma revisão estruturada na base Scopus utilizando os termos "BUILDING KNOWLEDGE MODELING", complementada pela técnica *snowballing* para identificar trabalhos correlatos, resultando em uma amostra de publicações focada na evolução do conceito de BKM.

O primeiro trabalho a mencionar o termo BKM, como evolução do BIM, foi desenvolvido na Universidade de Stanford em 2009. O ambiente desenvolvido por Fruchter, Schrotenboer e Luth (3), combinando o modelo de informações com diálogos

expressos em anotações digitais e organizados com documentações do projeto, é um exemplo para entender como o conhecimento é criado. Percebe-se que a experiência humana, por meio de diálogos, nada mais é do que comunicação, portanto um dos pilares para a geração de conhecimento.

Em termos práticos, a modelagem do conhecimento envolve também lições aprendidas, critérios de solução para problemas usuais, entre outras áreas que vão além de um dado semântico (5). Além disso, o conhecimento pode ser gerenciado por meio de diferentes técnicas como *Case-based Reasoning* (CBR) ou redes neurais artificiais.

Motawa e Almarshad (5) adotaram o CBR para gerenciar o conhecimento sobre manutenção de edificações, integrando ao modelo de informação, uma biblioteca CBR que inclui desde instruções para serviços de reparo até melhores fornecedores de materiais. Nota-se que diferente de Fruchter, Schrotenboer e Luth (3), Motawa e Almarshad (5) adota um conhecimento prévio armazenado que é acessado pelo usuário por meio de uma interface humano-computador. Entretanto, o módulo do CBR "captura" conhecimento quanto maiores forem as interações com os usuários da plataforma. Teoricamente, portanto, o novo conhecimento pode partir de comunicações entre humanos e máquinas, e não somente entre humanos. A abordagem do CBR foi também explorada por Jasim et al. (6) que propuseram um modelo conceitual de conhecimento para gestão de conflitos entre disciplinas.

Wang et al. (7) apontam que existem três caminhos para a modelagem de conhecimento: a partir de parâmetros personalizados de modelos BIM; com parâmetros implementados com a *Application Programming Interface* (API) das ferramentas BIM por meio de aplicações externas; e pela integração do ambiente BIM com outros sistemas e ferramentas. Nota-se, porém, que a visão do BKM em alguns trabalhos corresponde a um complemento, até mesmo plugin de ferramenta no ambiente BIM já conhecido (8)(9).

Com isso, na visão do presente trabalho, há um possível equívoco em tentar aplicar a modelagem de conhecimento em ambientes não projetados para este fim, como por exemplo armazenar "conhecimento" como parâmetros textuais em instâncias de objetos. Ora, se não há comunicação e o parâmetro é estático sem interface com humano, não existe o conhecimento tácito por definição, apenas o explícito.

Na literatura encontrada, foi observado também que a comunicação é de fato um caminho para a modelagem do conhecimento por meio de processamento de linguagem natural (NLP). De fato, a limitação do CBR para lidar com textos longos pode ser vencida com o uso de NLP (7). Esse campo da inteligência artificial é ainda potencializado com modelos baseados em aprendizado profundo (do inglês, *deep learning*), onde surgem os trabalhos com grandes modelos de linguagem (do inglês, *Large Language Models* ou LLM).

Nota-se, além da comunicação, que há referência nos estudos sobre o histórico de informações, seja para entender como gerir um ativo (10) quanto para documentar lições aprendidas e reuniões de revisão do projeto (11). Ou seja, a criação de conhecimento acompanha um processo temporal.

Em relação ao HBIM, que é área de aplicação do presente estudo, o estado da arte aponta que a maioria das pesquisas focam em modelagem e levantamento

geométricos (12). Em contrapartida, os estudos de caso sobre HBIM pouco discutem sobre as informações associadas aos modelos, inexistindo um requisito de informações. Outros autores ainda apontam que as técnicas de fotogrametria são populares nos estudos e as ontologias, métodos tradicionais (13). Há também desafios de integração e interoperabilidade para unificar o HBIM em uma só plataforma de interação com o usuário.

Nesse sentido, a literatura apresenta um cenário de modelagem de conhecimento na construção voltado para a integração entre os conhecimentos explícito e tácito. Por meio da codificação de normas técnicas, dados e informações em arquivos digitais, cria-se o conhecimento *a priori*, mas apenas com a captura do conhecimento tácito proveniente da experiência humana e comunicação, o conhecimento *a posteriori*, tem-se o BKM.

Percebe-se, então, um foco da literatura no resultado sem o devido refinamento no processo de geração e gestão da informação histórica. O BKM pode ser a solução para um fluxo de informações históricas que de fato contribuam com a gestão do ativo para além da captura da geométrica per se. A modelagem do conhecimento quando aplicada aos edifícios convencionais é baseada em normas técnicas vigentes, documentos de obra, memoriais de cálculo existentes, porém em edificações históricas a ausência de documentação explícita sobre o projeto e obra torna-se um desafio para o BKM.

Assim, o presente trabalho entende o BKM como um meio de transformar o saber prático em conhecimento operacionalizável dentro da área de HBIM, garantindo que o fluxo de trabalho não resulte apenas em acúmulo de dados e informações, mas em suporte eficiente à tomada de decisão, orientado por conhecimento.

METODOLOGIA

A presente pesquisa é classificada como pesquisa aplicada com estudo de caso e a metodologia proposta é baseada em três fases: a coleta, a modelagem e a validação do conhecimento gerado, conforme apresentado na Figura 1.

COLETA DE CONHECIMENTO

A primeira fase consiste na definição dos dados e informações disponíveis, bem como a ontologia existente de conhecimento, tanto explícito quanto tácito. Fazem parte desta fase os bancos de dados relacionados com a documentação do ativo construído (relatórios, fotos, etc.), o modelo de informação do ativo contendo a geometria do projeto e informações não-geométricas (material, condições estruturais, etc.) e a ontologia pré-definida com base em especialistas e projetos anteriores. Vale ressaltar que assim como existem os usos BIM, a proposta metodológica sugere que a modelagem de conhecimento seja direcionada para domínios específicos.

A base de conhecimento é criada no presente estudo por meio de uma ontologia estruturada com a plataforma Protégé, da Universidade de Stanford. Esta base de conhecimento é desenvolvida com o formato OWL, que pode ser convertido e lido em XML. Como base pré-definida de conhecimento, foram utilizadas as ontologias

estruturadas na API do aplicativo Construtor versão 5.0, desenvolvido pelo Prof. Menegotto na UFRJ.

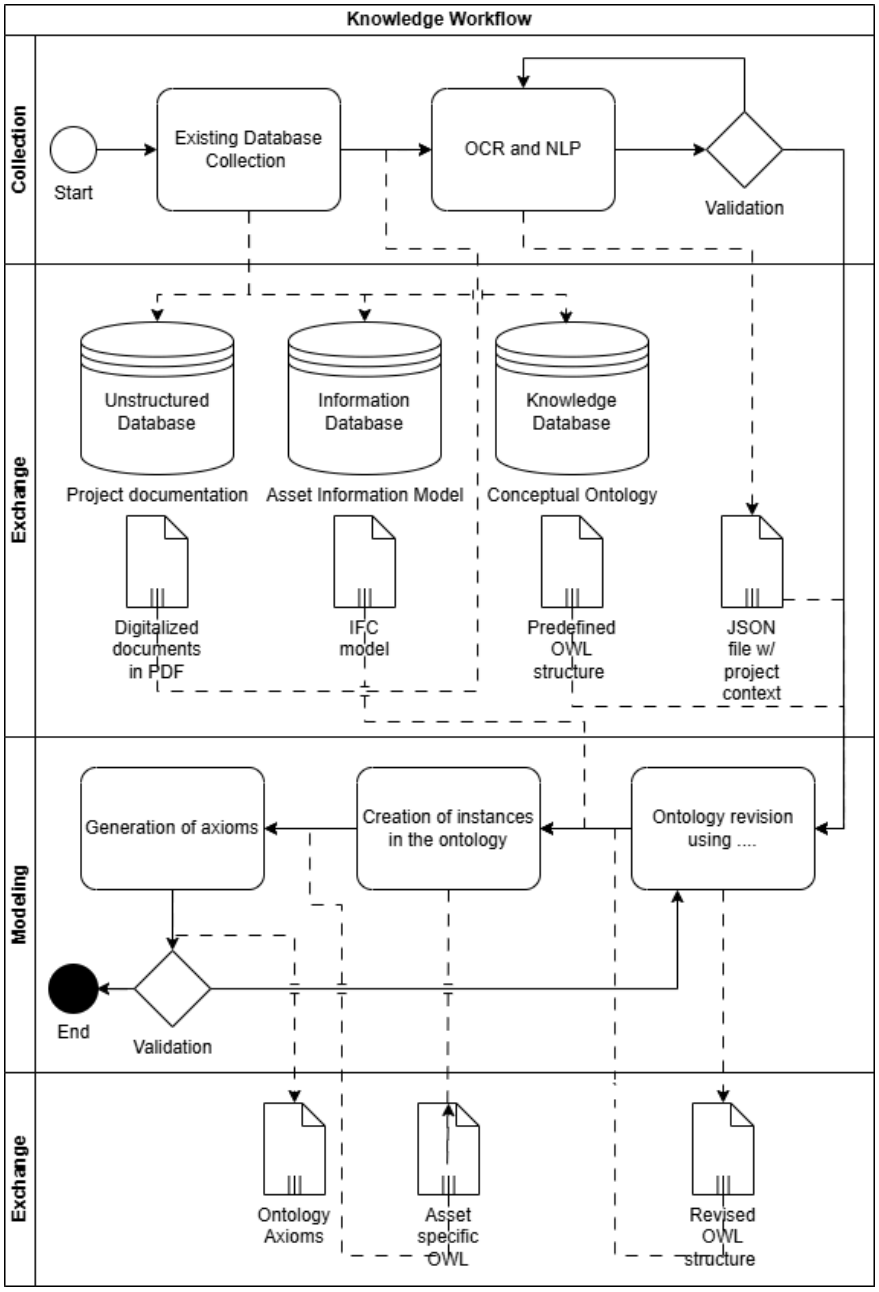
Também na primeira fase, com técnicas de OCR (*Optical Character Recognition*), NLP e LLM, propõe-se a captura de conhecimento em documentos digitalizados. Para este processo, foi utilizado o modelo de linguagem Gemini 3.1 Pro, do Google, com o seguinte *prompt*:

> *"Atue como um especialista em paleografia e transcrição de documentos históricos. Transcreva o texto impresso mantendo a ortografia arcaica original (ex: "pharmacia", "systema"). Separe claramente o texto original impresso das anotações manuais. Identifique e extraia todas as notas feitas à mão (marginais, interlineares ou sobrepostas). Insira-as no campo específico de metadados do JSON. Use [ilegível] para palavras impossíveis de decifrar. Use [provável: palavra] para supressões lógicas baseadas no contexto. Caso a página contenha desenhos, mapas ou diagramas, descreva-os brevemente no campo estado_do_documento. A saída deve ser uma lista de objetos JSON, onde cada objeto representa uma página."*

É importante ressaltar que a documentação do ativo pode conter problemas de caligrafia, deterioração do papel, entre outros desafios que podem gerar ruído no uso de OCR. Então, é importante que haja uma curadoria profissional para reduzir ao máximo o ruído no arquivo que será processado.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8602

Figura 1: Mapa de processos da metodologia proposta para modelagem do conhecimento.



Fonte: o autor.

O modelo BIM é desenvolvido em formato IFC com a ferramenta Blender 4.5 e o complemento Bonsai, contendo apenas as informações compatíveis com os usos BIM definidos previamente para o ativo construído. Dessa forma, entende-se que haverá um requisito de informações dedicado e previamente desenvolvido para que o pacote de informações seja produzido, conforme orienta a norma brasileira para gestão da informação da construção.

Assim, a primeira fase da metodologia proposta entrega para a etapa seguinte arquivos em formatos abertos, como JSON e IFC, relacionados com a documentação do ativo e modelo BIM, bem como arquivo XML com a ontologia conceitual.

MODELAGEM DE CONHECIMENTO

A segunda fase, que consiste na modelagem do conhecimento, integra as fontes de conhecimento e produz uma base de conhecimento consolidada composta por axiomas que representam os objetos modelados do ativo de acordo com as relações semânticas específicas escritas pela ontologia.

Com isso, a primeira integração ocorre com a revisão da ontologia pré-definida a partir da documentação do ativo. Este processo além de estruturar os dados e informações, também revisa a ontologia de domínio para a aplicação no projeto. A segunda integração ocorre com a informação extraída do modelo BIM que é aplicada na ontologia revisada, resultando em uma estrutura ontológica instanciada. Nota-se, portanto, que a base de conhecimento consolidada considera o domínio ontológico específico do projeto, incluindo contexto, modelo de informações e conhecimento prévio. Vale ressaltar que todo o processo de revisão e geração de textos foi feito com o auxílio do mesmo modelo de linguagem adotado na etapa anterior.

VALIDAÇÃO

Na coleta de conhecimento, a validação é feita por meio das métricas WER (Word Error Rate), que mede a porcentagem de palavras foram inseridas (I), deletadas (D) ou substituídas (S) em relação número de palavras no documento original (N), e acurácia:

$$WER = \frac{S + D + I}{N}$$

$$Acurácia = 1 - WER$$

Dado que o volume de páginas pode exigir um trabalho manual exaustivo, a metodologia proposta sugere a validação por amostragem. Assim, pode-se utilizar uma parcela da quantidade total de páginas e o resultado apresentará um nível de confiança com erro amostral. No presente estudo, utilizou-se um nível de confiança de 95% com erro amostral de 10%, visto que a quantidade total de páginas não demandava esforço exaustivo de leitura humana. Assim, o critério de amostragem priorizou o nível de confiança, mas em documentações históricas mais densas, este item pode ser reduzido para viabilizar o tamanho amostral.

Na modelagem do conhecimento, a validação consiste na identificação e redução de alucinações que podem ter sido criadas pelos modelos de linguagem. Para tanto, foi aplicada a métrica FACTSCORE que permite avaliarmos os fatos gerados pelo modelo e, assim, checarmos a percentagem de fatos falsos. O protocolo de checagem das alucinações consistiu, portanto, na leitura integra da amostragem dos axiomas resultantes com os mesmos critérios anterioremente descritos. Com isso, caso o axioma fosse identificado como uma alucinação (ex.: A parede suporta a fundação.) era contabilizado para então calcularmos o FACTSCORE:

$$FACTSCORE = 1 - \frac{Axiomas\ Falsos}{Total\ de\ Axiomas}$$

ESTUDO DE CASO

A metodologia proposta foi aplicada ao contexto de gestão da informação em patrimônios históricos. Nesta tipologia de projeto, há o desafio de digitalizar a informação que não é estruturada e o conhecimento por muitas vezes é tácito e não explícito. Por exemplo, como é possível modelar os valores histórico e cultural de uma parede? Então, ao invés de utilizar a abordagem tradicional de modelagem da informação, o presente estudo aplica a metodologia proposta com modelagem do conhecimento. Assim, os conteúdos histórico e cultural do projeto podem entrar na base de conhecimento do modelo HBIM e ser acessado pelo usuário.

Todas as documentações utilizadas foram cedidas para consulta presencial pela Secretaria de Conservação (SECONSERVA) da prefeitura do Rio de Janeiro. Como objeto de estudo, é utilizado o Aqueduto da Carioca, popularmente conhecido como Arcos da Lapa, que é composto por dois níveis de arcos sobrepostos em alvenaria de pedra e tijolo, totalizando 42 arcos. Construída em 1750 com objetivo inicial de distribuição de água, a estrutura hoje funciona como viaduto para bondes. Sabe-se também que a técnica construtiva original foi baseada em argamassa de cal, areia e óleo de baleia, com sistema de drenagem composto por buzinotes. Reconhecida como Patrimônio Cultural pelo IPHAN em 1938, passou por recentes intervenções de conservação focadas no emassamento com pasta de cal e caiação para preservação da sua integridade física e estética. A Figura 2 apresenta um registro histórico em gravura do estudo de caso.

Figura 2: Registro histórico em gravura dos Arcos da Lapa.



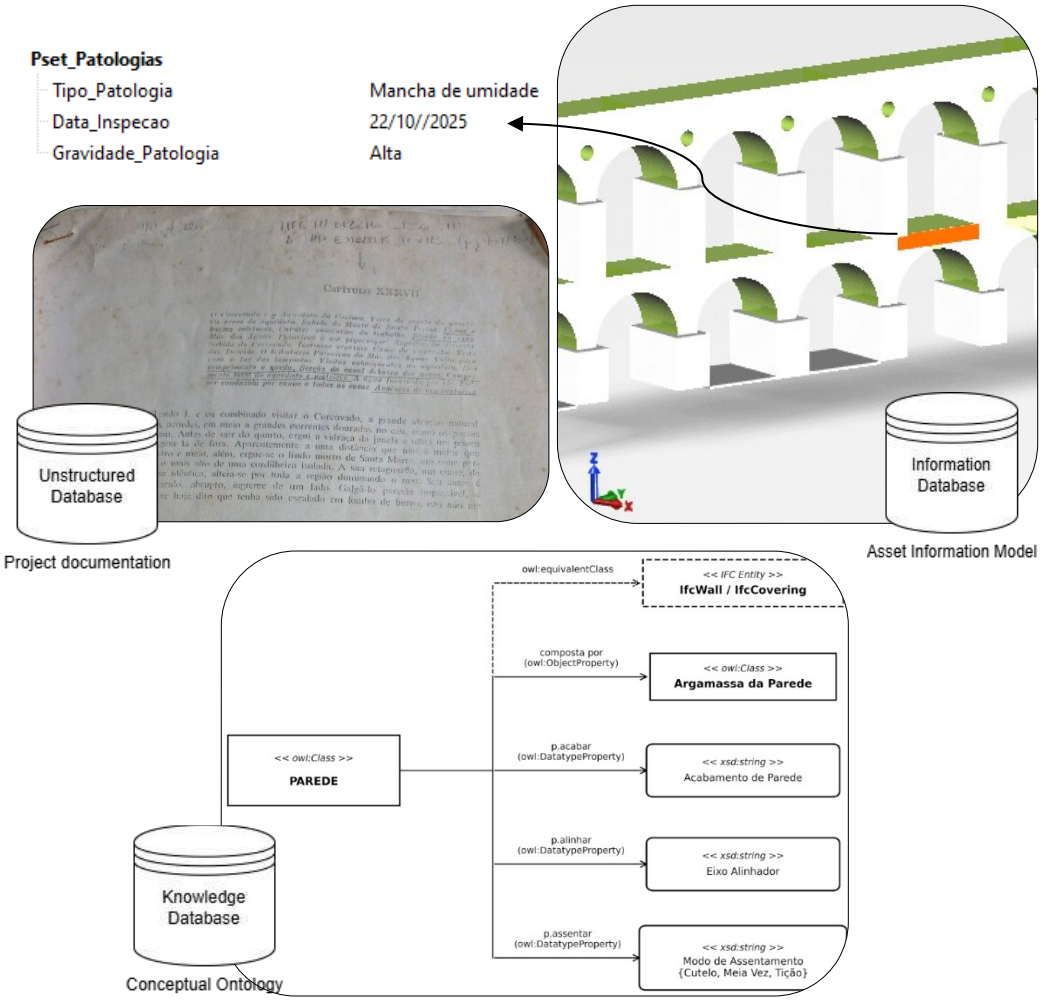
Fonte: Disponível no acervo digital da Biblioteca Nacional (14). Acesso em 30 de março de 2023.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8602

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na coleta de dados, foram utilizadas 207 páginas de documentos digitalizados. Também foi desenvolvido um modelo HBIM em formato aberto IFC (*Industry Foundation Classes*) para representar a base de informações do ativo. Em paralelo, foi coletada a ontologia predefinida com as relações semânticas básicas que existem antes do conhecimento sobre a documentação histórica e modelo de informação. A Figura 3 apresenta as bases de dados, informações e conhecimento disponíveis.

Figura 3: Bases de dados, informações e conhecimento disponíveis após a fase de coleta.



Fonte: o autor.

Os desafios da primeira fase estão diretamente relacionados com a qualidade da documentação existente do ativo construído histórico, pois podem tornar tanto os processos de OCR quanto de vetorização complexos, aumentando a probabilidade de gerar ruídos no banco de dados. Além disso, requer também nesta fase um profissional de modelagem com experiência em configuração de arquivos IFC e um profissional experiente para gerir e manusear a ontologia pré-definida. É, assim, a fase crítica onde requer não somente quantidade de dados, como também qualidade.

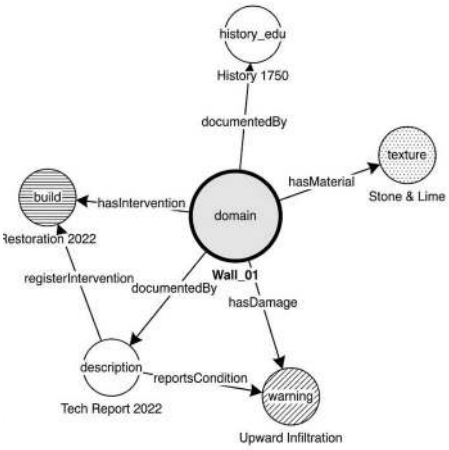
A partir das informações extraídas do modelo HBIM, neste exemplo especificamente da parede, das representações vetoriais dos textos históricos e da estrutura conceitual

do conhecimento, foi revisada a ontologia com o conhecimento histórico. Depois, a estrutura de conhecimento foi populada com as instâncias do modelo HBIM. É importante notar que a ontologia revisada servirá como base pré-definida para um futuro projeto e, então, deverá ser armazenada em sobreposição com a base ontológica utilizada inicialmente.

A primeira validação resultou em um WER equivalente a 5,28%, o que é compatível com estudos anteriores (15) e resulta em uma acurácia de 94,72%.

Na modelagem de conhecimento, a estrutura ontológica conceitual complementada com o conhecimento histórico e as instâncias do projeto é processada como contexto textual em um ambiente de LLM. É importante notar que a estrutura ontológica deve ser processada com todas as possíveis relações e significados semânticos em texto contínuo e sentenciado, ou seja, axiomas. A Tabela 1 apresenta esta conversão entre o formato estruturado em XML e o formato textual contínuo para processamento na LLM. Observa-se também que não se trata de regras, mas sim conhecimentos que devem ser respeitados pelo modelo.

Tabela 1: Exemplo de axiomas produzidos a partir da modelagem do conhecimento

Estrutura ontológica	Axiomas
	A parede Wall_01 foi documentada em 1750. A parede Wall_01 é composta pelos materiais pedra e cal. A parede Wall_01 apresenta dano por infiltração ascendente. A parede Wall_01 foi documentada no relatório de 2022. A parede Wall_01 sofreu uma intervenção de restauro em 2022. O relatório de 2022 registra a intervenção de restauro. O relatório de 2022 relata a condição de infiltração ascendente. ...

Fonte: o autor.

A segunda validação resultou em uma métrica FACTSCORE equivalente a 65,21%, o que significa que o processamento com LLM gerou quase um terço de alucinações para a base de conhecimentos consolidada.

Em relação às implicações da modelagem do conhecimento na gestão de dados patrimoniais, o primeiro ponto de debate está relacionado com a organização dos dados e informações disponíveis. Na ausência de uma estrutura ontológica conforme apresentada, os dados e informações não estão relacionados entre si, trazendo aos gestores do patrimônio a tarefa de relacioná-los repetidamente durante os fluxos de trabalho. No entanto, um gestor A pode divergir do entendimento e da relação que o

gestor B estabeleceu. A divergência de entendimentos, portanto, pode trazer paralizações no fluxo e até mesmo soluções erradas.

É importante notar ainda que para o conhecimento não estabelecido e definido, as discussões e divergências são válidas e devem ser estimuladas, porém para o conhecimento que for constatado e verificado, a divergência dificulta a tomada de decisões. A modelagem de conhecimento consolida o conhecimento existente e, assim, facilita os processos de tomada de decisões, relacionando dados e informações e estabelecendo axiomas de conhecimento.

O segundo ponto de discussão está relacionado com a consulta e integração com sistemas existentes. A modelagem do conhecimento sobre a construção de determinado ativo histórico construído estabalece uma base consolidada que resume todas as inferências documentais sobre obras e intervenções passadas. Com isso, os gestores podem não somente consultar a base como também integrar com sistemas existentes para ter melhor embasamento conceitual sobre decisões. É evidente que a integração deve ser ainda tópico de pesquisas futuras por ser não trivial, porém a consulta pode ser facilmente implementada com ferramentas conversacionais, por exemplo.

CONCLUSÕES

Dada a demanda atual para melhorar a gestão de dados e informações, a modelagem de conhecimento aparece como uma possível solução, principalmente na área de patrimônio histórico que carece de documentações. A literatura aponta para um conhecimento gerado a partir de discussões digitalizadas, lições aprendidas, critérios codificados, CBR, redes neurais, comunicação, integração e interface humano-máquina. Também aparecem como abordagens promissoras as técnicas de NLP, *deep learning*, além da estruturação de ontologias para gestão do conhecimento. Em paralelo, a literatura em HBIM aponta para um foco em modelagem geométrica e enxerga o estudo de ontologias como métodos tradicionais.

O presente estudo, aplicado ao escopo de HBIM, propôs uma metodologia para modelagem de conhecimento a partir do uso de ferramentas de LLM. Observou-se que a qualidade da documentação do projeto impacta diretamente a coleta de dados, exigindo curadoria profissional para minimizar ruídos nos processos de OCR e vetorização, em especial quando a documentação é histórica. Além disso, a aplicação da metodologia demonstrou que ao invés da substituição do ser humano, a modelagem do conhecimento requer profissionais capacitados tanto para a configuração dos modelos abertos quanto para o manuseio de estruturas ontológicas. De fato, a integração de modelos de linguagem apresentou um desafio crítico de confiabilidade. Os portões de validação indicaram que o sucesso da modelagem requer um processo rigoroso de checagem e revisão humana para garantir a integridade da base de conhecimento.

No escopo HBIM, as principais limitações para a modelagem de conhecimento estão relacionadas com a disponibilidade de documentações sobre o ativo histórico

construído. Além disso, quando disponíveis, os documentos podem ainda ter problemas de material e qualidade que dificultam o processamento em modelos de linguagem. Nota-se ainda que o presente estudo está limitado à proposta metodológica para aplicar a modelagem de conhecimento em HBIM, mas deve ser ampliado com outros estudos de casos que ampliem a base de conhecimento existente a ser explorada.

Por fim, conclui-se que a transição do BIM para o BKM é equivocada quando pensada apenas como parâmetros textuais estáticos em instâncias de objetos, pois restringe o sistema ao conhecimento explícito e inviabiliza a interface dialógica. Ao integrar ontologias estruturadas com inteligência artificial, o ambiente digital deixa de ser um repositório passivo e passa a inferir e interagir com o usuário. Dessa forma, o BKM transforma o saber prático e o contexto histórico (HBIM) em um suporte dinâmico e eficiente para a tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

O estudo foi apoiado pela Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal Fluminense (PROEX/UFF) e pela Secretaria de Conservação da prefeitura do Rio de Janeiro (SECONSERVA).

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram o Microsoft Copilot para revisão gramatical do texto. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 19650-1 - Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção: Parte 1: Conceitos e princípios. [S.l.]: ABNT, 2022.

[2] WOODBURY, Robert. Elements of parametric design.1. ed. London: Routledge, 2010.

[3] FRUCHTER, Renate; SCHROTENBOER, Tim; LUTH, Gregory P. From Building Information Model to Building Knowledge Model. v. 22, p. 380–389, 19 jun. 2009. DOI: 10.1061/41052%28346%2938.

[4] NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, Inc., 1995.

[5] MOTAWA, Ibrahim; ALMARSHAD, Abdulkareem. A knowledge-based BIM system for building maintenance. Automation in Construction, v. 29, p. 173–182, 10 nov. 2012. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.09.008.

[6] JASIM, Nidal Adnan et al. Building Information Modeling and Building Knowledge Modeling in Project Management. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), v. 28, n. 1, p. 3–16, 11 dez. 2020. DOI: 10.24423/cames.302.

[7] WANG, Hao; MENG, Xianhai; ZHU, Xingyu. Improving knowledge capture and retrieval in the BIM environment: Combining case-based reasoning and natural language processing. Automation in Construction, v. 139, p. 104317, 6 maio 2022. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104317.

[8] LIU, Fangxiao; JALLOW, Abdou K.; ANUMBA, Chimay J.; WU, Dinghao. Building knowledge modeling: integrating knowledge in BIM. Proceedings of the CIB W78 2013: 30th International Conference, Beijing, China: 9-12 out. 2013.

[9] WANG, Li; LEITE, Fernanda. Process Knowledge Capture in BIM-Based Mechanical, Electrical, and Plumbing Design Coordination Meetings. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 30, n. 2, 5 mar. 2015. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000484.

[10] CHARLESRAJ, V. Paul C. Knowledge-Based Building Information Modeling (K-BIM) for Facilities Management. Proceedings of the 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Sydney, Australia: 8 jul. 2014. DOI: 10.22260/ISARC2014/0127.

[11] DESHPANDE, Abhijeet; AZHAR, Salman; AMIREDDY, Shreekanth. A Framework for a BIM-based Knowledge Management System. Procedia Engineering, v. 85, p. 113–122, 1 jan. 2014. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.535.

[12] LOVELL, Lucy J.; DAVIES, Richard J.; HUNT, Dexter V. L. The Application of Historic Building Information Modelling (HBIM) to Cultural Heritage: A Review. Heritage, v. 6, n. 10, p. 6691–6717, 12 out. 2023. DOI: 10.3390/heritage6100350.

[13] YANG, Xiucheng et al. Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other information techniques. Journal of Cultural Heritage, v. 46, p. 350–360, 14 jul. 2020. DOI: 10.1016/j.culher.2020.05.008.

[14] NEEDHAM, Jonathan. Aqueduct and Convent of Sta. Teresa, Rio de Janeiro. London [Londres, Inglaterra]: The McLean, [18--]. 1 grav, litografia, col. : 56,6 x 35,7. Disponível em: icon393049_17.jpg. Acesso em: 30 abr. 2026.

[15] LEVCHENKO, Maria. Evaluating LLMs for Historical Document OCR: A Methodological Framework for Digital Humanities. ArXiv.org, 8 out. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2510.06743.