

## The neuro symbolic AI: Formalize ontologies of BIM product catalogs

José Luis Menegotto <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola Politécnica da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil

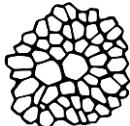
jlmenegotto@poli.ufrj.br

**Abstract.** This article proposes a complementary approach to traditional component library publications used in projects. It suggests that construction product manufacturers could enrich their catalogues and component family libraries with ontological descriptions of the catalogued items, thereby increasing the embedded knowledge derived from the construction components employed. The discussion also explores integration with Semantic Web environments, where these components function as nodes in a data mesh and are indexed to support emerging AI agents.

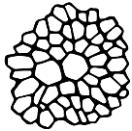
**Keywords:** Design cognition, Ontologies, Semantic Web, Agentic system, Data mesh.

### 1 Introdução

A distribuição de bibliotecas de componentes construtivos tem se concretizado por meio de gabaritos eletrônicos criados pelos próprios fabricantes dos produtos. A geometria dos objetos é modelada e enriquecida com parâmetros de uso e disponibilizadas aos projetistas. Em geral, as bibliotecas são alocadas em portais da Internet dedicados. Este panorama tem caracterizado a provisão de componentes digitalizados para os projetos. No Brasil, o mês de dezembro de 2016, pode ser considerado um marco referencial das políticas de incentivo aos processos de promoção da tecnologia BIM. Nessa época, foi assinado o *Memorando de Entendimento sobre BIM* entre Brasil e o Reino Unido, país que vinha trabalhando sistematicamente no assunto. No Brasil, a pesquisa estruturada e conduzida por Kassem e Amorim (2015), para o setor da construção civil, pode ser considerada um dos marcos fundadores das iniciativas de sistematizar ações dirigidas a implementar BIM no país. Nessa década, os diversos fóruns nacionais de BIM tomaram para si a tarefa de organizar o conjunto de bibliotecas produzidas pelos fabricantes locais. No que respeita à publicação de bibliotecas de produtos, os fóruns têm



adozido com algumas nuances o modelo da NBS *National BIM Library* do Reino Unido que vem evoluindo desde a sua criação. A qualidade dos objetos publicados nas bibliotecas de catálogos depende de atender a padrões mínimos de organização de dados e informações aos quais os fabricantes tentam se ajustar. Para promover a uniformidade e consistência dos dados, a NBS recomenda que os objetos virtuais atendam um padrão de qualidade, certificando-os com um identificador BOS (*BIM Object Standard*). No entanto, alguns fatores ainda dificultam a publicação de componentes homogêneos e de qualidade. A evolução dos esquemas de dados utilizados pelos programas proprietários e pelos esquemas neutros como o IFC, não são estáticos e mudam ao longo do tempo, obrigando a manutenção de diversas versões do mesmo componente ou a utilizar aplicativos associados que permitam gerenciar um volume de informação cada vez maior. A ciência da computação conhece o problema dos “*legacy system*” ou sistemas legados, em outras palavras, tecnologias antigas que persistem e são utilizadas, embora tenham sido superadas por soluções mais modernas (Evans, 2013). A *National BIM Library*, por exemplo, disponibiliza e mantém para os programas BIM mais populares o aplicativo *NBS Chorus*, cuja função específica é gerenciar os objetos e seus parâmetros (Vickers, 2023). A iniciativa da NBS indica que o fornecimento de bibliotecas de componentes construtivos isoladamente, independente do formato em que sejam publicadas, é insuficiente para manipular e gerenciar a sua aplicabilidade nos projetos. O precedente da NBS indica que fornecer apenas o componente é insuficiente, requerendo ainda do complemento de APIs que permitam a correta manipulação. No entanto, nem todos os fabricantes optam por investir na criação e manutenção de bibliotecas integradas de objetos e APIs de alta qualidade. Muitos preferem disponibilizar os produtos exclusivamente para determinados programas ou em formatos neutros e não nativos, como o IFC. Embora na atualidade, agentes de IA tenham começado a assumir a função das APIs, a falta de homogeneidade nas bibliotecas de componentes representa um desafio, pois cada fabricante adota critérios próprios de organização. A diversidade de procedimentos para a publicação de bibliotecas de componentes impacta diretamente na qualidade de modelagem dos projetos, para os quais se ambiciona ter uma estruturação uniforme. Do ponto de vista do projetista, auditar os componentes criados por terceiros antes de incorporá-los ao projeto é essencial. Esse cuidado não apenas evita a inclusão de elementos de baixa qualidade, mas também garante que os componentes estejam alinhados à semântica e aos critérios organizacionais definidos para o projeto. A problemática descrita gira em torno à qualidade dos dados utilizados, aspecto tratado pela norma NBR 55013:2025. Essa norma, aborda o dado como um ativo que deve ser valorizado, indicando que a desvalorização dos dados acontece quando eles não forem confiáveis, estiverem desatualizados ou forem aplicados incorretamente. Outro aspecto relevante nesse contexto é a frequente ausência de vínculo entre os objetos das bibliotecas de produtos e o conhecimento implícito incorporado a seus parâmetros. Recentemente, a



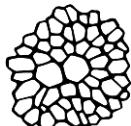
ciência da computação tem introduzido o conceito de Data Mesh. O paradigma conceitual do Data Mesh sugere e destaca a necessidade de ampliar o conceito de “*dado como ativo*” para “*dado como produto*”, enfatizando o “*cuidado contínuo que um produto merece*” (Dehghani, 2023). Neste artigo, que reflete sobre a metodologia para a publicação de bibliotecas de componentes, sugere-se que a combinação de quatro tecnologias disponíveis, a saber: 1) a publicação de recursos RDF (*Resource Description Framework*); 2) a formação de uma trama ordenada de nós dentro do paradigma de malhas de dados descentralizadas; 3) a exploração de princípios de programação declarativa de DDD (*Domain-Driven Design*) e 4) os agentes de IA, possibilitariam a superação do paradigma de biblioteca de famílias de componentes ou de silos fechados de informação. Parte-se da hipótese de que é necessário construir a infraestrutura de conhecimentos na qual participem os diversos atores da indústria da construção de modo integrado.

### 1.1 Ontologias

Um dos elementos necessários para essa infraestrutura trata da publicação de recursos RDF em forma de descrições ontológicas dos produtos catalogados pelos fabricantes. Eles são a fonte de origem do conhecimento envolvido na manufatura do produto, portanto ocupam uma posição estratégica na corrente logística para garantir dados factuais precisos e confiáveis. Alocadas em ambientes controlados de Web Semântica, as descrições ontológicas dos produtos possibilitariam a integração de conhecimento factual com os agentes artificiais que processam informações. Destaca-se, nesse sentido, a limitação das bibliotecas atuais, disponibilizadas como componentes geométricos enriquecidos com dados, as quais rapidamente se transformam em sistemas legados, ou seja, superados em poucos anos por tecnologias mais modernas. Coincidindo com Evans (2010), enfatiza-se que em paralelo aos componentes, seria necessário oferecer um “*modelo de conhecimento*”, seletivamente simplificado e conscientemente estruturado, que possa estar articulado a outras fontes de conhecimento. Contar com uma arquitetura de dados que permita agregar sentido e funcionalidades cognitivas dentro de uma rede de conhecimentos cada vez mais ampla e integrada. Para facilitar o processo de criação de ontologias, se apresenta a última versão do construtor ontológico, programado para construir estas estruturas de informação, pouco exploradas por parte de profissionais de arquitetura e engenharia. Se relatam os avanços da última versão e apresentam-se algumas possibilidades de criação de predicados dentro do domínio cromático.

### 1.2 Metodologia

As ontologias são criadas a partir da leitura de arquivos Excel nos quais se define a estrutura do domínio ontológico abordado. Um dos arquivos Excel centraliza a estrutura de propriedades de objetos e de dados. Ele pode ser



atualizado com regularidade pela incorporação de novas propriedades, pela modificação das características de propriedades existentes ou pelo reagrupamento das hierarquias, definidas. A hierarquia de propriedades é segmentada em três níveis (Tabela 1): Raiz, SubProp1 e SubProp2 (colunas B, C e D) para as propriedades de objetos; e, Raiz, SubData1 e SubData2 (colunas E, F e G) para as propriedades dos dados. A planilha deve ser preenchida utilizando como campo de entrada a coluna G (SubData2) usando o texto em minúscula e separando cada palavra da propriedade por um ponto. A coluna F (SubData1) define a natureza da propriedade definida por um verbo. A propriedade deve ser iniciada com o prefixo "d." que será trocado pelo prefixo "p." na coluna C.

**Tabela 1.** Propriedades.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
nº	Raiz	SubProp1	SubProp2	Raiz	SubData1	SubData2	Proprie	Func
2	BIMProp	p.abastecer	é.abastece.a	BIMData	d.abastecer	abastece.a	xsd:string	Null
3	BIMProp	p.abastecer	é.abastecido.por	BIMData	d.abastecer	abastecido.por	xsd:string	Null

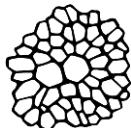
Fonte: O autor, 2025.

**Tabela 2.** Propriedades, continuação Tabela 1: Características.

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Funct	I.Funct	Transit	Sym	Asym	Reflex	Ireflex	Invof	Dom	Rng
null	null	null	null	null	null	null	null	BIM	Projeto
null	null	null	null	null	null	null	null	BIM	Projeto

Fonte: O autor, 2025.

A organização do campo ontológico nos arquivos Excel não pretende ser exaustiva, ao contrário, procurou-se adotar o conceito recomendado por Dehghani(2023) e Evans(2010) de “modelagem de contexto delimitado e orientado a domínio”. Como destaca Dehghani (2023), este conceito se opõe ao mito da formalização de uma “única fonte de verdade”. O projeto adere ao paradigma sociotécnico das malhas descentralizadas de dados polissémicos. À medida que surgem novos domínios conceituais (fabricantes e produtos) podem ser formalizados por ontologias independentes ordenadas numa rede interconectada de nodos estratégicos. Para que o entramado dessa arquitetura de dados distribuídos seja eficiente, sugere-se a revisão contínua do conteúdo do arquivo que concentra as propriedades, para verificar se uma propriedade existe ou está homologada por alguma base de informação pública antes de cria-la. Sugere-se também que as propriedades possam ser definidas alinhadas com bases de dados públicas ou que mantenham taxonomias de conceitos consensuados pela comunidade técnica. Um exemplo pode ser o banco de dados terminológico mantido e disponibilizado *on-line* pela IEC. A ISO disponibiliza ao redor de 291.000 términos em inglês nas páginas da plataforma OBP (*Online Browsing Platform*) <https://www.iso.org/obp>. Normas e



regulamentos como NBR, CIRSOC, IRAM, etc. configuram fontes confiáveis de términos normalizados. Ainda é necessário que essas instituições se tornem nodos abertos das malhas de dados, expondo os termos contidos em seus documentos por meio de plataformas especializadas de web-semântica, acessíveis, limpas e objetivas, que sejam inteligíveis tanto para humanos quanto para máquinas. A experiência demonstra que esta última condição ainda não está consolidada para a indústria. Embora a norma NBR 55013 não mencione tecnicamente aos dados abertos e conectados, tangencialmente indica que os meios modernos de armazenamento de dados permitem interrelacionar unidades de negócios e exibir espacialmente em contextos associados com outras informações, fornecendo estruturas avançadas de suporte à decisão. A norma indica, ainda, que estas estruturas são mais complexas de manter ainda para as grandes empresas. O construtor programado pretende auxiliar nestas tarefas.

### 1.3 A formalização de fatos

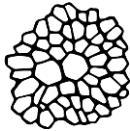
Na Tabela 3 se apresenta a descrição de indivíduos que declaram fatos relacionados à paleta de cores do sistema Pantone, que é uma das paletas de cores utilizadas pelo DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. O exemplo demonstra o uso de duas propriedades de objetos “é.usado.por” e “é.pertencente.a” com as quais se permite declarar a definição de predicados independentes que indicam onde ou como uma determinada instância é utilizada. As declarações seguem uma sequência de pares de colunas “Fato-Valor” que o agente pode completar de acordo a sua necessidade.

**Tabela 3.** Indivíduos instanciados.

Nº	Indivíduo	Tipo	Fato	Val	Fato	Val
1	Paleta.DNIT	Catálogo	null	null	null	null
2	Paleta.Pantone	Catálogo	null	null	null	null
3	Pantone.116.C	Cor.Pantone	é.pertencente.a	Paleta.Pantone	é.usado.por	Paleta.DNIT
4	Pantone.370.C	Cor.Pantone	é.pertencente.a	Paleta.Pantone	é.usado.por	Paleta.DNIT

Fato	Val	Fato	Val	Fato	Val	Fato	Val
descrição	"Cores Pantone"	nome	"Paleta de cores DNIT"	esfera	"Federal"	descrição	"Cores utilizadas pelo DNIT para as placas da rede viária"
descrição	"Cores Pantone"	nome	"Paleta de cores Pantone"	url	"https://pantonecolors.net"	descrição	"Cores padronizadas no sistema Pantone Matching System"
descrição	"Cor CMY 116 C"	cyan	0	magenta	0	yellow	100
descrição	"Cor CMY 370 C"	cyan	63	magenta	23	yellow	100

**Fonte:** O autor, 2025.



Traduzido em formato owl;

Individual: bim:Pantone.370.C

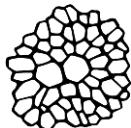
```
Types: bim:Cor.Pantone
Facts: bim:é.pertencente.a bim:Paleta.Pantone
Facts: bim:é.usado.por bim:Paleta.DNIT
Facts: bim:descrição "Cor CMY 370 C"
Facts: bim:cyan 63
Facts: bim:magenta 23
Facts: bim:yellow 100
Facts: bim:cmy "63.23.100"
```

E em Turtle;

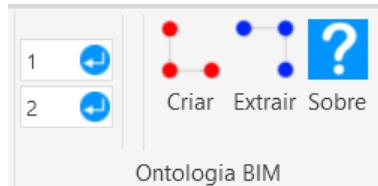
```
bim:Pantone.370.C rdf:type
owl:NamedIndividual , bim:Cor.Pantone ;
bim:é.pertencente.a bim:Paleta.Pantone ;
bim:é.usado.por bim:Paleta.DNIT ;
bim:descrição "Cor CMY 370 C" ;
bim:cyan 63 ;
bim:magenta 23 ;
bim:yellow 100 ;
bim:cmy "63.23.100" .
```

## 2 Resultados

Uma das dificuldades de se implementarem sistemas baseados em ontologias é a mudança de paradigma do modelo de informação utilizado, que deve ser baseado em RDF (*Resource Description Framework*), além do fato que para tirar o máximo proveito da tecnologia, são maiores os esforços de articulação da infraestrutura de dados. Ontologias precisariam ser publicadas e expostas em ambientes de dados abertos, possibilitando a sua descoberta e vínculo com outros esquemas ontológicos, aproveitando todo o seu potencial. A publicação de grafos de conhecimento, pode ser integrado ao paradigma de sistemas de informação descentralizados em APIs com o paradigma de sistemas descentralizados em dados. Assim, o paradigma de dados estruturados como RDF é dependente de plataformas especializadas que permitam a ingestão dos RDF, cujos conteúdos são conhecimentos declarados em sentenças de triples. Tais plataformas permitem carregar arquivos OWL (*Ontology Web Language*) ou TTL (*Turtle*) e são preparadas para poder aplicar consultas em filtros SPARQL. Visando este objetivo, o sistema programado cria as ontologias em dois modos: 1) ontologias gerais com as classes, propriedades e indivíduos universais (fatos que são universais para o domínio, como por exemplo os códigos urbanos ou códigos definidos pela ABNT); e, 2) em modo projeto, que extrai a ontologia a partir do modelo BIM de projetos reais, formada por indivíduos concretos de cada projeto, como no exemplo



apresentado de um compartimento existente num prédio institucional. As ontologias alocadas no repositório GitHub são atualizadas automaticamente pela API no repositório.

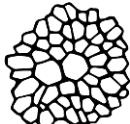


**Figura 1.** Interface. Fonte: O autor, 2025.

```
Individual: bim:Ambe.3675
Types: bim:Ambiente
Facts: bim:é.categoria.revit bim:obj.espaço.01
Facts: bim:ide      "2812611"
Facts: bim:nome     "Administrativo"
Facts: bim:cota     4.70
Facts: bim:andar    "CT_2º Pavto"
Facts: bim:número   "2812611"
Facts: bim:bloco    "A"
Facts: bim:área     16.89
Facts: bim:coordenada.absoluta "[3.01,145.77,4.70]"
Facts: bim:longitude -22.8590248146053
Facts: bim:latitude  -43.2310609930457
Facts: bim:altitude  4.700
Facts: bim:é.dentro.de bim:Blco.A
```

## 2.1 Fundamento para a incorporação de sintaxe Turtle.

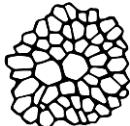
Nas primeiras versões do construtor tinha se trabalhado como a formalização da ontologia OWL em sintaxe Manchester. A preferência por esta sintaxe se apoiava na facilidade de leitura que oferece para os agentes humanos. No entanto, há um custo no que respeita à incorporação das ontologias nas plataformas especializadas. Em geral, essas plataformas dão preferência à incorporação de ontologias formatadas e escritas em linguagens de descrição RDF ou Turtle (TTL). O trabalho de tradução em TTL era realizado no programa Protégé o que implicava executar um processo adicional. Para eliminar esse processo optou-se por programar um módulo interno no construtor que permitisse escrever a ontologia em mais de um formato. No momento, a escolha foi a sintaxe Turtle, uma vez que esta linguagem é levemente mais codificada que Manchester, mas ainda conserva simplicidade sintática. Uma vantagem de Turtle é que permite a incorporação de regras escritas em SHACL (*Shapes Constraint Language*). SHACL foi oficializado pela



W3C em 2017 para definir um conjunto de restrições que permitem incorporar nas ontologias o que se conhece como regras de inferência mais restritivas ou de “mundo fechado”. OWL apenas permite declarar hipóteses conhecidas como de “mundo aberto” nas quais a ausência de uma informação não significa que ela seja falsa, mas é insuficiente para se chegar a uma validação do conhecimento declarado.

### 3 Discussão

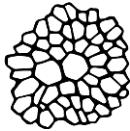
Ontologias que permitem declarar predicados de conhecimento estabelecido (Xiao *et al.*, 2019) estão sendo integradas na arquitetura dos sistemas de IA generativa modelados com técnicas conhecidas pelo acrônimo RAG (*Retrieval Augmented Generation*) (Zhaozhiming, 2024). Nesse campo, os desenvolvedores têm posto em marcha um processo de convergência entre a IA baseada em sistemas de NLP (*Natural Language Process*) vectoriais, utilizados em *Large Language Models*, e a IA simbólica tradicional. A IA simbólica, que é formalizada com técnicas baseadas em ontologias, participa do processo fornecendo representações do conhecimento factual da realidade computacionalmente formalizadas. Assim, o uso de agentes inteligentes com maior autonomia se resume na denominação *Agentic IA* e, à convergência dos sistemas vectoriais e simbólicos é denominada IA neuro-simbólica (Franz, 2025). Tal convergência, que resulta nos sistemas “agênticos”, traz novos desafios como a segurança dos diálogos. A engenharia de *prompts* de tais sistemas impulsiona novas frentes de pesquisa que visam diminuir as suas vulnerabilidades (Zverev *et al.*, 2025). No artigo argumentou-se que processos BIM precisam ser integrados a diversas tecnologias associadas, incluindo: a) os princípios sociotécnicos das malhas de dados descentralizadas, conforme introduzido em 2019 por Dehghani (2023); b) uma abordagem de desenvolvimento de aplicações baseadas em princípios *Domain-Driven Design* introduzida por Evans (2010); c) a tradicional tecnologia de *Linked Data* para dados abertos e conectados, introduzida por Berners-Lee; e, por fim, d) as mais recentes técnicas de IA aplicadas em sistemas agênticos. Em um cenário ideal, um *Data Mesh* bem projetado pode adotar princípios de *Linked Data* para garantir que os dados distribuídos sejam semânticos, interoperáveis e acessíveis via padrões abertos. Podemos acrescentar que ontologias podem ser integradas em estruturas de malhas, onde cada nodo da malha possa ser caracterizado por um fabricante que publica conhecimentos originais de cada produto; uma organização normativa que define restrições consensuadas para o projeto; ou cada projeto novo ou antigo que carregam conhecimentos fatuais, permanecendo computacionalmente interligados durante o ciclo de vida. Catálogos de fabricantes seriam nós estratégicos da malha de dados que ainda precisa ser construída e mantida ao longo do tempo. Ela deveria evoluir num processo de continua atualização. Se deixarmos de lado os mitos da única



fonte de verdade e da configuração definitiva de um esquema de dados universal e perene, talvez se possa avançar em arquiteturas de informação mais integradas e flexíveis. Coincidimos, nesse sentido, com as observações feitas por Dehghani (2023) e (Costin et al., 2023). O antigo gabarito de plástico continua evoluindo em paralelo à trajetória da tecnologia digital. Há mais de duas décadas que aqueles gabaritos plásticos deixaram de ser entendidos como contornos gráficos, mas ainda é necessário superar a visão que os trata como objetos espaciais modelados. Defende-se aqui que, fase aos agentes de IA, eles precisam ser entendidos como fontes de conhecimento que serão incorporadas ao projeto. A interseção de todas essas tecnologias impacta na forma como os dados podem ser expostos e consumidos. O construtor apresentado vem evoluindo, incorporando tanto facilidades de definição de ontologias por parte dos agentes da construção assim como incorporando novas propriedades não repetidas, que, até a publicação do presente artigo, somam um total de 1270 propriedades de objetos congruentes e associadas com 1270 propriedades de dados. Integrar processos projetuais às fases posteriores talvez exija superar debates improdutivos sobre a escolha entre esquemas de dados proprietários ou neutros, pois nenhum dos esquemas de dados concorrentes atuais parece evitar a obsolescência dos modelos criados, nem atender a todos os requisitos de um projeto. Talvez seja essencial buscar estratégias que garantam a preservação e relevância dos dados com meios alternativos, não proprietários e não neutros, pois ambos são imperfeitos, mutáveis no tempo e não conseguem solucionar problemas de interoperabilidade sem congelar o processo ao longo do tempo, permitindo que agentes humanos e artificiais trabalhem com informações de qualidade de forma contínua. A hipótese do trabalho sustenta que os paradigmas atuais de publicação de famílias deveriam ser complementados com a criação de grafos de conhecimentos modelados como ontologias. O desafio é montar ecossistemas BIM que possam prover conhecimento factual validado aos agentes de IA. Desenvolver ontologias semanticamente ricas e vinculadas, ajudaria a explicitar e compartilhar o conhecimento factual, além de permitir que novos conhecimentos possam ser inferidos graças às características atribuídas aos seus conceitos e propriedades.

## Referências

- ABNT NBR ISO 55013 (2025) Gestão de ativos - Orientações sobre a gestão de dados de ativos, Primeira edição. 09.04.2025.
- Costin, A.M., Ouellette, J. W., Beetz, J. (2023). Building product models, terminologies, and object type libraries DOI: [10.1201/9781003204381-2](https://doi.org/10.1201/9781003204381-2) In: Pauwels, P., McGlinn, K. (2023) Buildings and Semantics. Data models and Web Technologies for the Built Environment. CRC Press/Balkema, Leiden, The Netherlands. DOI: [10.1201/9781003204381](https://doi.org/10.1201/9781003204381).
- Dehghani, Z.(2023) Data Mesh. Entregando valor em escala e orientado a dados. Novatec Editora. São Paulo, 2023.



Evans, E. *Domain-Driven Design*. (2010) Atacando as complexidades no coração do software. Alta books Editora. Rio de Janeiro, 2010.

Evans, E (2013). *Getting started with DDD When surrounded by legacy system*. Domain Language, Inc. Disponível em: <https://www.domainlanguage.com/ddd/surrounded-by-legacy-software>. Acesso em Junho, 2025.

Franz Inc. (2025) Agentic AI with AllegroGraph's Neuro-Symbolic Knowledge Graphs. White paper. In. Database. Trends and Application. March, 2025. Disponível em: <https://allegrograph.com/wp-content/uploads/2025/03/Powering-GenAI-Apps-with-Knowledge-Graphs-3-2025-2.pdf>

Gruber T. R. (1995) Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. ("KSL-93-04") International Journal of Human-Computer Studies, v.43 p.907-928, DOI: <https://doi.org/10.1006/ijhc.1995.1081>

IEC Electropedia. IEC International Electrotechnical Commission. The World's Online Electrotechnical Vocabulary. Disponível em: <https://www.electropedia.org>

Kassem, M., de Amorim, L. S. R. (2015) Diálogos setoriais para BIM – *Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia*. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.eubrdialogues.com/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>. Acesso em Junho de 2025.

*National BIM Library. NBS. The new home of the NBS National BIM Library.* <https://source.thenbs.com/bimlibrary>, Acesso em Junho de 2025.

Simone, S. (2025) Powering GenAI apps with knowledge graphs. White paper. In. Database. Trends and Application. March, 2025. Disponível em: <https://allegrograph.com/wp-content/uploads/2025/03/Powering-GenAI-Apps-with-Knowledge-Graphs-3-2025-2.pdf>

Vickers, C. (2023) *Model and specification integration*. Em: <https://www.thenbs.com/knowledge/model-and-specification-integration>, 2023. Acesso em Junho de 2025.

Xiao G., Ding L., Cogrel B., & Calvanese D. (2019). "Virtual knowledge graphs: An overview of systems and use cases." ("Accessing scientific data through knowledge graphs with Ontop - Cell Press") Data Intelligence 1(2019), 201-223. doi: 10.1162/dint\_a\_00011 Received: February 24, 2019; Revised: April 7, 2019; Accepted: April 26, 2019

Zhaozhiming (2024) Advanced RAG Retrieval Strategies Using Knowledge Graphs. In Generative IA. Disponível em: <https://medium.com/generative-ai/advanced-rag-retrieval-strategies-using-knowledge-graphs-12c9ce54d2da>. Jun, 2024.

Zverev, E. Kortukov, E. Tabesh, S. Panfilov, A. Lapuschkin, S. Volkova, A. Samek, W. Lampert, C.H. (2025). ASIDE: Architectural Separation of Instructions and Data in Language Models. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.10566>