

Ontologia, Internet das Coisas e Modelagem da Informação da Construção (BIM): Estudo Exploratório e a Inter-relação entre as Tecnologias

Renata M. A. Baracho, Mário L. Pereira Junior, Maurício B. Almeida

ECI - PPGGOC - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - 31270-901
Belo Horizonte - Minas Gerais - Brazil

renatabaracho@ufmg.br, mario@pucminas.br, mba@eci.ufmg.br

Abstract. *We analyze the association among ontologies, internet of things (IoT) and Building Information Modeling (BIM) in civil construction. Our study has an exploratory slant presenting a non-exhaustive literature review about the mentioned themes. A survey in Capes Portal using the term “ontolog*” retrieved 402,047 papers, indicating the maturity of the research in that subject; the term “Internet of Things” retrieved 16,023 papers and “Building Information Modeling” retrieved 4,878 papers. The combination of the three aforementioned subjects is also present in the literature. Our paper identifies as potential research the application of ontologies and IoT in the civil construction field, insofar as a building can be simulated through a robust information modeling (using BIM), organized in a structures way (using ontologies) and dynamically monitored (using IoT).*

Resumo. *Analisa-se a associação entre ontologias, internet das coisas (IoT) e a tecnologia Building Information Modeling (BIM) na construção civil. O estudo tem caráter exploratório e apresenta revisão de literatura não exaustiva sobre os três temas mencionados. A pesquisa no portal da CAPES com o termo “ontolog*” retornou 402.047 trabalhos, confirmando a maturidade e interesse no tema; o termo “Internet of Things” retornou 16.023 trabalhos e “Building Information Modeling” retornou 4.878 trabalhos. A combinação dos três temas também está presente na literatura. O artigo identifica como pesquisa potencial a aplicação de ontologias e IoT na construção civil, uma vez que a edificação pode ser simulada via robusta modelagem de informação (BIM), organizada de forma estruturada (ontologia) e monitorada de forma dinâmica (IoT).*

1. Introdução

As tecnologias de informação e as novas formas de representação do mundo, real e imaginário, têm influenciado profundamente a sociedade atual, indo em direção à um contexto de convergência e integração de tecnologias. Neste cenário, os limites entre real e virtual, físico e digital estão cada vez mais frágeis e sutis.

A presença das tecnologias de informação e representação do mundo na construção civil e no trabalho de Engenheiros e Arquitetos tem possibilitado e exige profundas mudanças no pensar e produzir o objeto arquitetônico. Estas mudanças

evoluíram para as fases posteriores ao projeto, passando a envolver todo o ciclo de vida do edifício, passando pela construção (obra) e chegando ao monitoramento de uso e acompanhamento de desempenho. Na busca por soluções para os complexos problemas relativos a informação, uma abordagem promissora é aquela baseada na organização e uso da informação.

Ao mesmo tempo, o uso de equipamentos como computadores e *smartphones* cresce a cada dia, e junto amplia-se o acesso de pessoas à internet. Mas para além destas conexões feitas via computador e *smartphone*, uma nova geração de equipamentos está se ampliando, dispositivos e instrumentos originalmente desconectados estão entrando no mundo *online*. A conexão entre os dispositivos como eletrodomésticos, geladeiras, máquinas de lavar, cafeteiras, bem como câmeras de vídeo, microfones e sensores dos mais variados tipos, representam o fenômeno “*smart building*” no contexto da assim chamada Internet das Coisas.

O aumento da conexão das máquinas e equipamentos significa um volume de dados produzidos que ultrapassa a capacidade de processamento com tecnologias tradicionais. Assim, verifica-se a necessidade de novos processos de representação e organização da informação e do conhecimento que possibilitem a otimização da recuperação de informação. Nesse contexto, vocabulários controlados como as ontologias surgem como soluções promissoras.

Este trabalho envolve a interseção de três temas aparentemente distintos: a utilização de técnicas de organização da informação baseadas em ontologias, usadas como alternativa para representação da realidade e para a criação de modelos bem fundamentados e legíveis por máquinas; a utilização de sistemas e plataformas para a Internet das Coisas (IoT), que tratam principalmente dos dispositivos e de dados gerados por eles; e, finalmente, a utilização da tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção) no projeto, produção e gestão de edifícios, na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

A pesquisa teve como objetivo investigar a produção científica que trata da associação entre ontologias, internet das coisas e a tecnologia BIM na construção civil. Portanto, buscou-se verificar e entender a relação entre as três áreas e a aplicação na gestão dos edifícios na indústria de AEC, através de uma pesquisa de caráter exploratório, visando maior familiaridade com os temas e vislumbrando a possibilidade de futuros caminhos investigativos. Apresenta-se uma revisão da literatura em artigos pesquisados em bases de dados do Portal de Periódicos da CAPES/MEC/BRASIL, em abril de 2017 e a partir dos descritores “*Ontolog**”, “*Internet of Things*” e “*Building Information Modeling*”.

A ênfase deste trabalho está na relação entre os temas e apoia-se em trabalhos que abordam os três assuntos, contribuindo para a identificação, seleção, avaliação e síntese de evidências da relação entre os mesmos. Parte-se do princípio que a interseção entre esses três temas poderá trazer avanços significativos para todo o ciclo de vida da construção de edificações. Isso ocorrerá principalmente na melhoria dos processos por meio da representação, recuperação e comunicação da informação entre as etapas. Visando redução ou eliminação de erros, desperdícios, otimização de tempo e melhoria na qualidade, espera-se obter ganhos globais, desde a criação do projeto até a utilização da obra edificada.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta um background dos três temas citados; a seção 3 detalha a descrição das tecnologias envolvidas a partir de publicações semanais e interdisciplinares; a seção 4 descreve a metodologia adotada na pesquisa; a seção 5 está destinada à análise e discussão dos resultados e a seção 6 traz as considerações finais.

2. Background Básico

O assunto ontologia tem sido estudado em várias áreas de conhecimento, incluindo pesquisas nos campos da filosofia, ciência da computação e ciência da informação, e com aplicações sobre medicina, biologia e engenharia (Almeida, 2013). Nesse contexto, ontologia aqui diz respeito a uma representação de parte de um determinado domínio, legível por máquina, para fins de representação e recuperação de informação, com possibilidades de inferência automática.

A expressão Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) tem sido utilizada como referência a uma nova geração da computação pervasiva, representando a onipresença dos recursos de informática em produtos de consumo e cotidiano das pessoas. Os tradicionais equipamentos e produtos industriais como automóveis, telefones, televisores, geladeiras, câmeras e sensores passam a ter capacidade de conexão, comunicação, e acesso à internet embutidas, apresentando diversas novas possibilidades de uso como por exemplo comando à distância, personalização, automação e análises de desempenho. Essa conexão é possível por meio de sensores instalados em objetos e locais determinados que enviam os dados para serem analisados. Objetos físicos passam a ter capacidade de processamento e comunicação de dados e, portanto, podem “sentir” o ambiente, “perceber” seu estado e o de outros, além de intercambiar, solicitar, fornecer, delegar, gerenciar e trocar informações.

A tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) surge como um “novo” conceito de projetar, planejar e acompanhar obras edificadas. O processo propõe mudanças profundas em relação ao modelo tradicional. A concepção de uma obra apresenta muitos problemas relacionados a falta de comunicação e troca de informação entre diferentes estágios, processos e, principalmente profissionais. A proposta é utilizar a ferramenta BIM como uma forma inteligente e ideal de desenvolvimento de projeto, acompanhamento de construção, *as built* e manutenção de uma edificação sustentável.

A tecnologia BIM emprega objetos paramétricos e suas relações para construir um modelo virtual de um edifício. Entretanto não se identifica ali um compromisso ontológico verdadeiro, que seria muito bem-vindo do ponto de vista da promoção da interoperabilidade. Verifica-se a necessidade do entendimento da aproximação entre ontologia e BIM nos estudos e pesquisas recentes. O uso de semântica em BIM está relacionado ao uso de ontologia para o gerenciamento de informações em modelos arquitetônicos na construção civil. Também as informações são introduzidas normalmente em um sistema BIM pelo usuário. A aproximação entre BIM e IoT apresenta-se como possibilidade de troca de informações entre os objetos e equipamentos existentes no edifício real e seu modelo virtual.

As três tecnologias aqui estudadas apresentam um princípio fundamental em comum: vão além de uma estrutura ou uma simples organização de objetos ou atores que representam, mas, sobretudo, enfatizam as relações entre eles e com um esforço na

resolução de conflitos. Nas ontologias objetiva-se ir além da descrição do que existe e da caracterização de entidades, explicitando as relações possíveis nos diversos níveis. Em IoT a importância da consciência do seu estado e de outros, a troca de informações e o compartilhamento de ações entre os atores demonstram também a ênfase nas relações entre as coisas. E na tecnologia BIM o edifício é modelado com seus elementos de forma paramétrica, mas, sobretudo, representando as relações entre estes componentes, evitando-se, por exemplo, erros de compatibilização. A tecnologia BIM abrange geometria, informações geográficas, quantidades e propriedades construtivas dos componentes dos edifícios, mas principalmente relações espaciais, temporais e construtivas.

Considerando a ontologia como a forma de representar o domínio da construção civil, a relação entre os elementos é fundamental para organização e análise dos dados. Por sua vez, a IoT está diretamente ligada a construção do espaço para a identificação e localização dos objetos, a interconexão entre eles e a modelagem das informações. BIM, além da proposta direta de desenvolver o projeto e auxiliar a construção, tem um papel fundamental de modelar em 3D toda a edificação, com todos os elementos construtivos e tem a proposta da relação entre os elementos edificados.

3. Contexto das tecnologias

Esta seção traz uma breve apresentação dos temas tratados e caracterização de seus elementos principais.

3.1. Ontologias

Em Filosofia, ontologia é um ramo da Metafísica que diz respeito às quais categorias de entidades existem. Nesse contexto, “tipo” quer dizer “categoria”, um termo que foi usado ainda por Aristóteles para discutir que declarações sobre uma entidade. Uma teoria das categorias é o mais importante tópico do estudo da Ontologia. Tais teorias especificam sistemas de categorias estruturados em níveis hierárquicos, em geral, na forma de uma árvore invertida na qual a categoria de mais alto nível é nomeada “entidade”.

Em Ciência da Computação, ontologias são aplicadas à modelagem, tanto em sistemas baseados em bancos de dados quanto em sistemas de representação do conhecimento. Em Representação do Conhecimento, Inteligência Artificial, o termo ontologia tem sido usado desde o século passado para se referir a uma estrutura de entidades representados por termos de um vocabulário lógico. Nos anos de 1990, ontologia passou a ser usado no contexto da “Web Semântica”.

Observam-se dois significados principais para ontologia em Ciência da Computação. O primeiro diz respeito ao uso de princípios ontológicos para modelar a realidade (WAND; STOREY; WEBER, 1999). Este uso está alinhado com seu papel original na Filosofia, ou seja, fornecer uma descrição do que existe e caracterizar entidades. O segundo significado diz respeito a representação de um domínio em uma linguagem de lógica para fins computacionais (STAAB; STUDER, 2004). Uma ontologia, nesse caso, consiste de um conjunto de declarações expressas em uma linguagem de representação, processável por mecanismos de inferência.

Em Ciência da Informação, abordagens ontológicas têm sido adotadas, mesmo que sob diferentes denominações. Projetos de engenharia de software envolvendo ontologias exibem paralelos com teorias da Ciência da Informação, tal como classificação facetada, vocabulários controlados e lexicografia (VICKERY, 1997). A possibilidade de restringir a linguagem natural parece ser o ponto de contato entre esses três tipos de estruturas (GILCHRIST, 2003). Os sistemas utilizados em Ciência da Computação e Ciência da Informação têm objetivos diferentes. Ciência da computação usa ontologia para categorizar o mundo, mas enfatiza o processo de raciocínio automático. A ênfase no raciocínio está inserida no domínio da lógica, com o objetivo de descobrir como um padrão de silogismo combina duas premissas para chegar a uma conclusão. Em contraste, a principal preocupação da Ciência da Informação é lidar com documentos que descrevem as entidades do mundo em diferentes domínios e de diferentes pontos de vista. (ALMEIDA, 2013).

Considerando as distinções apresentados até agora, o Quadro 1 resume as principais interpretações de ontologias em diferentes contextos. Como o termo teoria é usado no Quadro 1, uma teoria nem sempre se refere a toda a realidade, mas pode ser usada para representar o conhecimento em um domínio específico.

QUADRO 1 - Quadro sinóptico que resume os pontos de vista sobre ontologias

Distinção	Campo	O que é isso?	Propósito	Exemplo
Ontologia como uma disciplina	Filosofia	Ontologia como um sistema de categorias	Compreender a realidade, as coisas que existem, e as suas características	Sistemas de Aristóteles, Kant, Husserl
Ontologia como um artefato	Ciência da Computação	Ontologia como uma teoria (baseado em lógica)	Entender um domínio e reduzi-lo a modelos	BFO, DOLCE (genérico)
		Ontologia como um artefato de software	Criar vocabulários de representação em sistemas e gerar inferências	OWL (linguagem KR)
	Ciência da Informação	Ontologia como uma teoria (informal)	Entender um domínio e classificar termos	Sistema de Classificação de Ranganathan
		Ontologia como um sistema conceitual informal	Criar vocabulários controlados para recuperação de informação a partir de documentos	Um catálogo, um glossário, um tesouro

Nota - BFO indica *Basic Foundational Ontology*; DOLCE, *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering*; KR, *knowledge representation*; OWL, *Web Ontology Language*.

Fonte: ALMEIDA, 2013. Adaptado pelos autores.

3.2. Internet das coisas

A Internet das Coisas (IoT) conecta objetos e serviços físicos à Internet, permitindo comunicação objeto-objeto e pessoa-objeto. Para Yang e outros (2010, p. 358), "ao permitir novas formas de comunicação entre pessoas e coisas, e coisas entre si, a IoT adicionaria uma nova dimensão para o mundo de informação e comunicação da mesma forma que a internet fez anteriormente".

Para Lacerda e Lima-Marques (2015), Internet das Coisas "são sistemas, no sentido amplo, interligados entre si em diferentes escalas, formando ecossistemas com componentes biológicos, materiais, urbanos – tendo em comum a informação como substrato".

A IoT foi possível a partir do desenvolvimento e ampliação das capacidades das redes de comunicação e dos processadores e circuitos eletrônicos atuais. Os equipamentos, máquinas e produtos industriais que até então funcionavam isolados, passam a ter capacidade de processamento e comunicação de dados, conexão, comunicação, e acesso à internet embutidas. Assim, automóveis, telefones, televisores, geladeiras, câmeras e sensores passam a apresentar capacidade de sentir o ambiente, perceber seu estado e o de outros, além de intercambiar, solicitar, fornecer, delegar, gerenciar e trocar informações, possibilitando novos usos, personalização, automação e análises de desempenho.

Considerando a colocação Cerp-IoT (2009) a internet das coisas propõe uma rede de informação integrada, uma infraestrutura de rede dinâmica e global, baseada em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis nos quais as coisas físicas e virtuais tem identidade, atributos físicos e personalidades virtuais. Essa definição faz referência direta à necessidade de utilização de ontologias para a representação dessa informação na busca da padronização e interoperabilidade. Outro ponto importante é a utilização de interfaces inteligentes. Acrescenta-se a capacidade de autoconfiguração com a possibilidade de aprendizagem e autodesenvolvimento. Com IoT espera-se que as coisas se tornem participantes ativas, insiram aprendizagem e inteligência, participem dos processos informacionais e sociais com a capacidade de interagir e comunicar com o ambiente por meio dos dados e informações recebidas desse próprio ambiente.

3.3. BIM – Building Information Modeling

A tecnologia BIM- *Building Information Modeling* - apresenta princípios norteadores que mudam a forma linear e individual do processo construtivo, desde o planejamento até a construção final e a manutenção com recursos *as built*. Considera a edificação como um processo vivo desde o levantamento dos requisitos feitos pelo arquiteto para iniciar a proposta e a possibilidade de arquivo dinâmico e colaborativo com o desenvolvimento integrado de todos os projetos, desde o arquitetônico até os complementares, estrutura, elétrico, hidráulico, lógico, detalhamento. Propõe uma forma integrada e inteligente de desenvolvimento de projeto. Paralelamente o projeto é criado em três dimensões simulando virtualmente a situação real. Isso possibilita não só a visão espacial, mas também a compatibilização dos projetos e trabalho colaborativo dos profissionais. Outro ponto da tecnologia BIM é que os elementos são estruturados de forma inter-relacionada. Existem entidades e relacionamentos nos objetos criados propondo uma rede de iterações entre os elementos construtivos. Todos os elementos construtivos estão associados a banco de dados.

Conforme Eastman et al. (2008) com o BIM um modelo virtual preciso do edifício é construído digitalmente e, quando completo, diferentemente de um simples modelo tridimensional ou desenho bidimensional, contém não só a geometria, mas também diversos dados ou informações relevantes necessárias à construção, fabricação, manutenção e demais atividades para realização da construção. Assim, é uma nova filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores, que passam a trabalhar de forma colaborativa, alterando e dinamizando o ciclo da informação.

De acordo com Pereira Junior e Baracho (2015) a tecnologia BIM pode ser considerada uma evolução em todo o processo construtivo a medida em que permite novas possibilidades de construção, projeto, planejamento, visualização, representação,

processamento, uso e recuperação da informação contida na representação geométrica e o *link* com os atributos do bando de dados.

Do ponto de vista da gestão do conhecimento, a tecnologia BIM apresenta uma evolução da tecnologia CAD – *Computer Aided Design* - ao trabalhar com informações semânticas sobre os objetos e suas relações, aproximando, assim, a fase de criação, projeto, das fases de execução e monitoramento, durante toda a vida útil do edifício. Um modelo BIM é tridimensional, como um modelo CAD pode ser, mas também é paramétrico e baseado em objetos, o que possibilita a criação de entidades editáveis em suas propriedades nativas e reais, que podem ser alteradas e que se relacionam entre si.

De acordo com Lee et al. (2006), os sistemas BIM oferecem recursos que favorecem a representação e a visualização da edificação e que permitem a modificação dos elementos de forma direta e intuitiva. Eles garantem a centralização da informação, com a utilização de modelo único através de arquivos integrados e ligados online, e possibilitam que as atualizações sejam facilmente registradas pelos diversos profissionais. Sendo assim, as modificações em um projeto específico, ou em uma parte do projeto, propagam automaticamente atualizações em outros projetos ou outras partes. Usado em sua plenitude, um modelo BIM deve ser integrado e consistente e, idealmente, construído de forma colaborativa entre todos os profissionais parceiros: arquitetura, estrutura e instalações.

4. Metodologia

Esta pesquisa ter como objetivo o mapeamento da pesquisa que engloba os temas discorridos acima e suas inter-relações por meio de pesquisas desenvolvidas e do estudo da literatura publicada. Esta pesquisa utilizou o Portal de Periódicos da CAPES/MEC como protocolo de revisão. Esta opção foi baseada na disponibilidade de acesso conjunto a diversas bases de dados, como SCIELO, SCOPUS, WEB OF SCIENCE, PROQUEST, SCIENCEDIRECT E IBICT. Foram pesquisadas publicações que tinham como assunto o uso de ontologias, ao mesmo tempo em que estas são empregadas com a Internet das Coisas e com a tecnologia BIM. Como recorte, buscou-se a relação específica entre ontologia, IoT e modelos BIM na construção civil.

Os artigos identificados pela estratégia de busca foram avaliados segundo os critérios de inclusão: disponibilidade de acesso ao texto na íntegra, via portal CAPES, e uso formalmente declarado de ontologias, IoT e tecnologia BIM, simultaneamente. Como objetiva-se a relação entre estes três assuntos, o primeiro critério de inclusão consistiu de o texto versar conjuntamente sobre os três temas.

Para realização dos estudos primários, utilizou-se a busca avançada, através do acesso ao Portal de Periódicos da CAPES, com combinação com operador booleano AND, utilizou-se nos campos de busca específica:

- na primeira caixa de seleção da busca específica - por assunto, autor ou título - opção qualquer foi selecionada;
- na segunda caixa de seleção, na escolha da restrição de comparação - contém, é (exato) ou começa com – usou-se: na primeira linha contém Ontolog* AND “Internet of Things” e na segunda linha é (exato) "Building Information Modeling".

Qualquer	contém	Ontolog* AND “Internet of Things”
Qualquer	é (exato)	"Building Information Modeling"

O objetivo foi recuperar artigos de acordo com as palavras chave: “Ontolog*” AND “Internet of Things” AND “Building Information Modeling”.

Não foram usadas na busca o refinamento Data de publicação, Tipo de material ou Idioma, objetivando não eliminar qualquer texto em função destes itens:

- Data de publicação: Qualquer ano
- Tipo de material: Todos os itens
- Idioma: Qualquer idioma
- Data Inicial: indefinida
- Data Final: indefinida

Como esta busca resultou em apenas um trabalho, realizou-se uma segunda pesquisa com os mesmos operadores substituindo-se apenas a expressão “Building Information Modeling” por “Building”. Objetivou-se acessar os trabalhos que relacionavam ontologias e IoT não necessariamente com o uso da tecnologia BIM, mas ampliando para o edifício e a construção.

5. Resultados

Uma pesquisa rápida no Portal de Periódicos CAPES com o termo “ontolog*” resultou em 402.047 trabalhos, sendo 222.871 periódicos revisados por pares, grande volume de textos o que demonstra a maturidade da área e interesse pelo tema. Ao pesquisar a expressão "Internet of Things" obteve-se 16.023 trabalhos, sendo 5.023 revisados por pares, um número bem menor. Mas se for considerado o fato de ser um termo mais recente, verifica-se um número bastante expressivo. Com uma pesquisa pela expressão “Building Information Modeling” o resultado apresentou 4.878 trabalhos, 1.671 revisados por pares, número bem inferior as anteriores, esperado por se tratar de um assunto mais específico de uma área determinada.

A pesquisa com a somatória das três expressões - “Ontolog*”, “Internet of Things” e “Building Information Modeling” resultou em apenas um trabalho de Howell, Rezgui e Beach (2017), artigo recebido em 28/jun/2016, revisado em 20/dez/2016 e aceito para publicação em 26/fev/2017, com o título *Integrating building and urban semantics to empower smart water solutions* (Integração da semântica da construção e urbana para capacitar soluções inteligentes de água). Este trabalho propõe uma ontologia para o domínio que descreve casas inteligentes, medição inteligente, telemetria e sistemas de informação geográfica, juntamente com conceitos sociais. Os autores apresentam quatro temas que atualmente são utilizados em pesquisas recentes sobre a água nas cidades: o uso de sensores inteligentes, a integração entre sistemas, a

pro atividade dos usuários e o gerenciamento de dados através de análises avançadas. O trabalho apresenta a convergência da modelagem de informações da construção (BIM) com a área de água inteligente como uma oportunidade para transcender as barreiras operacionais existentes, abrindo caminho, através de interoperabilidade entre sistemas, para a gestão de demanda, participação ativa de consumidores e redes otimizadas.

O trabalho de Howell, Rezgui e Beach (2017) apresenta um serviço de gerenciamento de conhecimento semântico e ontologia de domínio para sistemas de água doméstica em escala urbana. Implementa um caso de uso de gerenciamento otimizado para demanda, demonstrando a interoperabilidade de aplicações domésticas inteligentes. Objetiva integrar sistemas previamente isolados, bem como intervenções de oferta e demanda, para melhorar o desempenho do sistema. Os autores sugerem que as tecnologias web semântica e IoT podem se fundir para reunir grandes modelos de dados com fluxos de dados dinâmicos, com objetivo de dar suporte a aplicações na fase operacional de sistemas para ambiente construído. Relatam que nenhum trabalho foi encontrado usando BIM em sistemas de água inteligente. Os modelos da IFC, presentes na tecnologia BIM, incluem apenas componentes básicos de água, omitindo muitos conceitos necessários como consumidores, comportamentos, aparelhos inteligentes, descrições de sensores, redes de sensores e mecanismos de faturamento de água. Justificam, assim, o alinhamento de IFC-OWL com uma ontologia de água para permitir a convergência destes dois campos para benefício mútuo. Foi realizado o desenvolvimento do modelo semântico de água inteligente em uma plataforma inteligente de interoperabilidade e análise de água.

A pesquisa com a somatória das três expressões - “Ontolog*”, “Internet of Things” e “Building” resultou em 57 trabalhos, sendo 49 periódicos revisados por pares. Entretanto, apenas dois trabalhos tratam de Building como Edifício ou Construção Civil, o já citado anteriormente e o texto de Wang, Huang, Zhong, Huang, Han e Zhang (2015), com título: *An Intelligent Monitoring System for the Safety of Building Structure under the W2T Framework* (Um Sistema de Monitoramento Inteligente para a Segurança da Estrutura de Edifícios sob a Estrutura W2T), publicado em 2015. Os autores conceberam um sistema de monitoramento para Segurança da Estrutura da Construção (SBS) usando tecnologia semântica e de fusão de dados multi-fonte. Consideraram que os SBS podem munir as pessoas com dados importantes sobre os pontos de apoio de um edifício e auxiliar em um cronograma de manutenção estrutural. O sistema proposto pretende estabelecer um ciclo dinâmico de dados entre o mundo físico - os edifícios ou sua estrutura - o mundo social dos humanos e o mundo tecnológico dos recursos de informática. Objetiva aliviar o trabalho dos engenheiros oferecendo serviços para o monitoramento das construções. Apresenta um sistema de monitoramento para o SBS, que pode efetivamente perceber o status estrutural de vários edifícios em uma cidade e integrar os dados sensíveis em tempo real com os vários conhecimentos existentes.

O trabalho apresenta a importância do desenvolvimento dos sistemas para monitoramento de Segurança da Estrutura da construção, principalmente considerando a relação entre edifícios antigos e históricos e edifícios novos. Indica também a importância da Internet das Coisas (IoT) no monitoramento das mudanças em tempo real da estrutura do edifício, com a utilização de instrumentos de aquisição de dados, que podem ser conectados uns com os outros através da Internet de diferentes maneiras.

Os autores testaram um protótipo de sistema alimentado pela plataforma semântica LarKC. O conhecimento sobre o SBS pode ser organizado pela fusão dessas informações com o sensor e construindo ontologias de domínio. Também o conhecimento no mundo social é efetivamente extraído e resumido, representado na forma de ontologias.

6. Considerações Finais

Este trabalho analisou a produção científica que associa ontologia, Internet das Coisas e tecnologia BIM no ambiente de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Com um caráter exploratório, visando aumentar a familiaridade com esses três temas e suas inter-relações, foi realizada uma revisão da literatura. Os artigos foram pesquisados nas bases do portal CAPE. Foi possível verificar que o relacionamento entre as áreas é bastante recente, com base na atualidade das publicações. O volume de estudos publicados é muito baixo, quando comparado a outros trabalhos sobre ontologias, IoT ou BIM em separado.

Identificou-se uma lacuna na bibliografia a qual esse artigo busca preencher e sugerir como tema de pesquisa. Num primeiro momento, o levantamento bibliográfico apresentado aqui aponta para a falta de pesquisa consolidada relacionando os temas. Entretanto, acredita-se que há nessa interseção possibilidades frutíferas de pesquisa, uma vez que o BIM lida com espaços e objetos e a teoria da ontologia é aplicável ao universo espaço-temporal.

Essa pesquisa pode ser considerada um ponto de partida inicial para aplicação da ontologia com o fenômeno Internet das coisas para o processo construtivo. Tem-se uma clara visão das possibilidades das aplicações e apresenta de forma consolidada a área prematura em termos de pesquisas e publicações.

O Portal da CAPES reúne base de dados conceituadas e é uma referência nacional. O resultado dessa pesquisa de encontrar apenas um artigo sobre o tema nos chama a atenção pela necessidade de ampliação, o ineditismo e a contribuição desse tema.

Considera-se aqui ontologia como a forma de representar os objetos e suas relações para ser utilizada em sistemas de Internet das coisas. Sistemas de Internet das Coisas como sistemas robustos que, por meio dos sensores, captam, transmitem e monitoram as informações dos ambientes ou coisas. E a tecnologia BIM que possibilita a simulação das edificações em três dimensões com a interligação de informações construtivas ligadas a banco de dados.

Para além do processo de projeto e construção das edificações, pode-se considerar uma edificação, ou ampliando os horizontes, todas as edificações de uma cidade, simuladas tridimensionalmente com uma robusta modelagem de informação (BIM) sobre todos os seus componentes, organizada de forma estruturada (ontologia) e monitorada de forma dinâmica (IoT).

Finalmente, fica uma colocação de que a união desses conceitos poderá trazer inovações para o processo e a necessidade de desenvolvimento de pesquisas teóricas e aplicações práticas que podem confirmar a premissa estabelecida.

Referências

- Almeida, M.B. (2013) Revisiting Ontologies: a necessary clarification. *Journal of the American Society of Information Science and Technology*. v. 64, n. 8, p. 1682–1693.
- Cerp Iot-Internet Of Things European Research Cluster. (2009) Internet of Things: Strategic Reserach Roadmap. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2016.
- Eastman, C. et al. (2008) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 490p.
- Gilchrist, A. (2003) Thesauri, taxonomies and ontologies – an etymological note. *Journal of Documentation*, v.59, n.1, p.7-18. Disponível em: <<http://dois.mimas.ac.uk/DoIS/data/Articles/julkokltny:2003:v:59:i:1:p:7-18.html>>. Acesso em: 2 mar. 2009.
- Howell, S., Rezgui, Y., Beach, T. (2017) Integrating building and urban semantics to empower smart water solutions. *Automation in Construction*
- Lacerda, F., Lima-Marques. (2015) On the need for information architecture principles to the internet of things. Da necessidade de princípios de arquitetura da informação para a internet das coisas. M. *Perspectivas em Ciência da Informação*, April-June, Vol.20(2), pp.158-171
- Lee, G., et al. (2006) Specifying parametric building project behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*, v. 15, p.758-776. Disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/autcon>>. Acesso em: 20 mai. 2009.
- Pereira Junior, M. L.; Baracho, R.M.A. (2015) Relações entre a gestão da informação e do conhecimento e uso de sistema BIM por arquitetos e engenheiros. In: 4º SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2015.
- Staab, S., Studer, R. (2004) *Handbook on Ontologies*. Berlin: Springer.
- Vickery, B. C. Ontologies. (1997) *Journal of Information Science*, London, v. 23, n. 4, p. 227-286.
- Wand, Y., Storey, V. C., Weber, R. (1999) An ontological analysis of the relationship construct in conceptual modeling. *ACM Transactions on Database Systems*, New York, v. 24, n. 4, p. 494-528.
- Wang, H., Huang, Z., Zhong, N., Huang, J., Han, Y., Zhang, F. (2015) An Intelligent Monitoring System for the Safety of Building Structure under the W2T Framework. *International Journal Of Distributed Sensor Networks*.
- Yang, D., Liu, F., Liang, Y. (2010) A Survey of the Internet of Things. In: *The 2010 International Conference On E-Business Intelligence*. Atlantis Press.