VIRTUALIZAÇÃO INTELIGENTE
NO PROJETO E NA CONSTRUÇÃO
2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção
UNICAMP | 19 a 21 de agosto

BIM PARA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

BIM for transportation infrastructure

Stefania Limp Muniz Corrêa
Universidade de São Paulo | São Paulo, SP | stefania.correa@usp.br

Luiz Fernando Siviero
Universidade de São Paulo | São Paulo, SP | luiz.siviero@usp.br

Roberto de Oliveira Freitas
Universidade de São Paulo | São Paulo, SP | roberto_freitas@usp.br

Fabiano Rogerio Corrêa
Universidade de São Paulo | São Paulo, SP | fabiano.correa@usp.br

Eduardo Toledo Santos
Universidade de São Paulo | São Paulo, SP | etoledo@usp.br

RESUMO

Reconhece-se que a adoção do BIM (*Building Information Modeling*) traz benefícios em todas as fases do ciclo de vida dos empreendimentos. No entanto, no campo da infraestrutura, esses benefícios ainda podem ser melhor explorados e estudados. O principal objetivo desta pesquisa é investigar o estado atual da maturidade BIM para infraestrutura de transportes (rodovias, ferrovias, pontes, túneis, etc.), de acordo com pesquisas acadêmicas, iniciativas governamentais nacionais e internacionais, desenvolvimento da tecnologia e aspectos técnicos que diferenciam este tipo de empreendimento dos de edificações. Através dessa comparação, feita principalmente através de revisão de literatura e observação do mercado, os autores evidenciam que a maturidade BIM para infraestrutura é significativamente menor quando comparada àquela para edificações e destacam os desafios e oportunidades de pesquisas futuras neste tema.

Palavras-chave BIM; Infraestrutura; Transportes; Engenharia Civil.

ABSTRACT

It is common sense that BIM (Building Information Modeling) adoption brings diverse benefits to the entire lifecycle of buildings. However, it is yet unclear its benefits to the infrastructure domain. In this research, the main objective is to investigate the current situation of BIM maturity for transportation infrastructure (roads, railways, bridges, tunnels, etc.), regarding academic research, national and international government initiatives, technology development, and technical aspects that differ infrastructure from building projects. Through this comparison, conducted mainly by literature review and market observation, the authors gave evidence that BIM maturity for infrastructure is significantly lower than that for building projects and highlighted the challenges and future research opportunities on this subject.

Keywords: BIM; Infrastructure; Transportation; Civil Engineering.

1 INTRODUÇÃO

O termo “infraestrutura” abrange uma ampla gama de obras civis, porém, quando utilizado no contexto do BIM, geralmente exclui edificações. Pode-se subdividir o setor em: infraestrutura de transportes (estradas, pontes, túneis, aeroportos, portos, etc.), infraestrutura de energia (plantas de geração hidrelétrica, nuclear, eólica, térmica, solar, etc.), infraestrutura de utilidades (redes de água, gás, esgoto, drenagem, comunicação, etc.) e infraestrutura ambiental (represas, diques, açudes, etc.).

O foco deste trabalho está na infraestrutura de transportes, que é caracterizada pela ampla utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e por estruturas analíticas de projeto (EAPs) bastante diferentes das usadas em projetos de edificações.

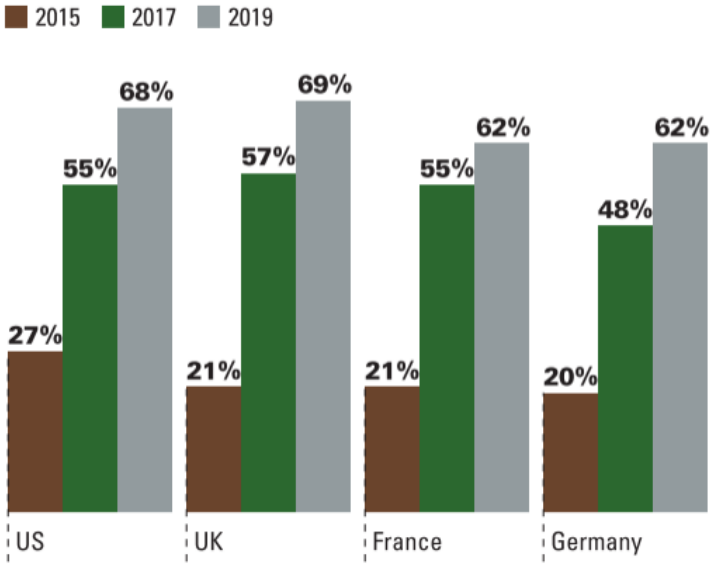
O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) já está bastante disseminado em diversos países, com predominância de aplicação em projetos de edificações. Mais recentemente, o setor de infraestrutura tem realizado esforços no sentido de adaptar essa metodologia e suas ferramentas, buscando auferir benefícios semelhantes aos observados nas obras de edificações. A Figura 1 mostra a evolução da adoção em projetos de infraestrutura de transporte em diversos países.

Apesar do aumento da demanda (e uso) do BIM em infraestrutura, é clara a menor oferta de ferramentas de autoria, de processos de trabalho bem definidos, normas e publicações neste setor quando comparado com o de edificações. Este trabalho busca evidenciar as diferenças, oportunidades e desafios embasando-

CORREA, S. L. M.; SIVIERO, L. F.; FREITAS, R. O.; CORREA, F. R.; SANTOS, E. T. BIM para infraestrutura de transportes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/180

se na literatura disponível e nas atuais iniciativas globais no que tange à adoção e desenvolvimento do BIM para infraestrutura. O material aqui apresentado é parte das pesquisas de mestrado de parte dos autores, voltadas ao tema.

Figura 1. Porcentagem das empresas pesquisadas que usam BIM em 50% ou mais dos projetos de infraestrutura de transportes



Fonte: Dodge Data & Analytics (2017).

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado utilizando-se de revisão da literatura (sobretudo buscando artigos de revisão sistemática), consultas aos desenvolvedores de softwares e análise dos padrões internacionais das iniciativas governamentais nacionais e internacionais. Além de procurar quantificar as pesquisas realizadas sobre o tema, procurou-se delinear os resultados em três grandes áreas: pesquisa acadêmica, iniciativas nacionais e internacionais e complexidade dos modelos BIM.

3 RESULTADOS

3.1 Pesquisa acadêmica voltada para Infraestrutura

Bradley et al. (2016) enfatizam o baixo número de pesquisas voltadas a infraestrutura quando comparado com o total, (Tabela 1). De 2.994 resultados voltados a BIM até o ano de 2015, somente 178 (6% aproximadamente) tratavam exclusivamente de infraestrutura.

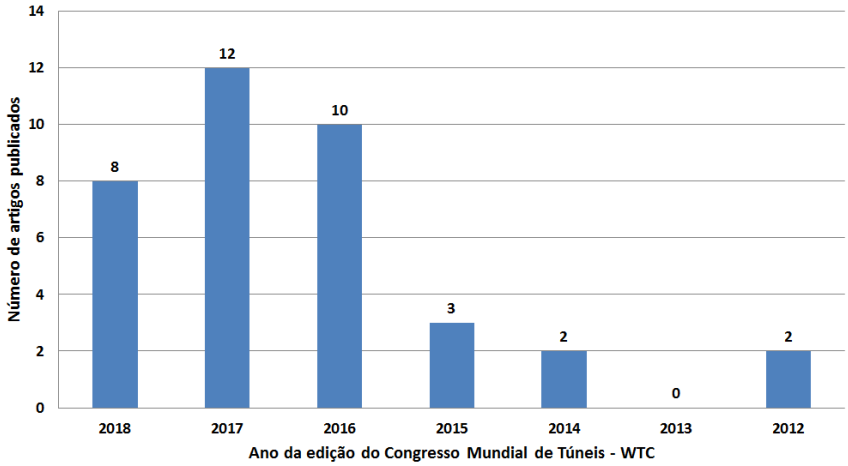
Tabela 1. Número de publicações científicas existentes em BIM até 2015

	Scopus	*Engineering Village*	*Science Direct*	*Web of Science*	*Totals*
BIM Infrastructure	50	71	11	46	178
BIM Construction	1057	901	183	675	2816
Totals	**1107**	**972**	**194**	**721**	**2994**

Fonte: Bradley et al. (2016).

No entanto, ao analisar a evolução do BIM para infraestrutura de transportes (**Figura 2**), fica claro o acréscimo de publicações nos últimos anos, evidenciando a colaboração gradativa para a evolução da sua maturidade.

Figura 2. Artigos publicados sobre aplicação de BIM para Túneis – 2012 a 2018



Fonte: Pascoal Jr. et al. (2017).

3.2 Iniciativas nacionais e internacionais voltadas para Infraestrutura

Em caráter nacional, a adoção da metodologia apresenta iniciativas importantes. Dentre elas, destacam-se: o CG-BIM (Comitê Gestor da Estratégia Nacional BIM), composto por representantes de Ministérios, responsável pela implantação da estratégia federal de disseminação de BIM no país; a CEE-134 (Comissão de Estudo Especial em Modelagem da Informação da Construção) da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, encarregada do desenvolvimento da normatização de BIM, e iniciativas de entes públicos como o Metrô/SP, CPTM, DNIT e Infraero.

Internacionalmente, países como Reino Unido, Espanha, Noruega e Chile estabelecem como mandatória a utilização do BIM, principalmente para contratos federais. Esta obrigatoriedade teve início com obras de edificações ou similares (aeroportos, hospitais, etc.), dada a maior maturidade BIM nesse setor.

Um dos desafios constantemente mencionados na adoção da metodologia em obras públicas de infraestrutura reside nas dificuldades para mensuração do Retorno Sobre o Investimento (ROI) (STOWE et al., 2015). Pode-se citar como um *case* de sucesso o do Departamento de Transportes de Wisconsin, nos Estados Unidos, onde, através da modelagem de um dispositivo de interconexão ("The Mitchell Interchange", **Figura 3**) e da detecção de interferências através do modelo, conseguiu-se estimar as reduções nos custos ligadas à diminuição dos problemas de projeto (USFHA, 2013), conforme o **Quadro 1**.

Figura 3: Modelo 3D da interseção



Fonte: Oldenburg & Parve (2011).

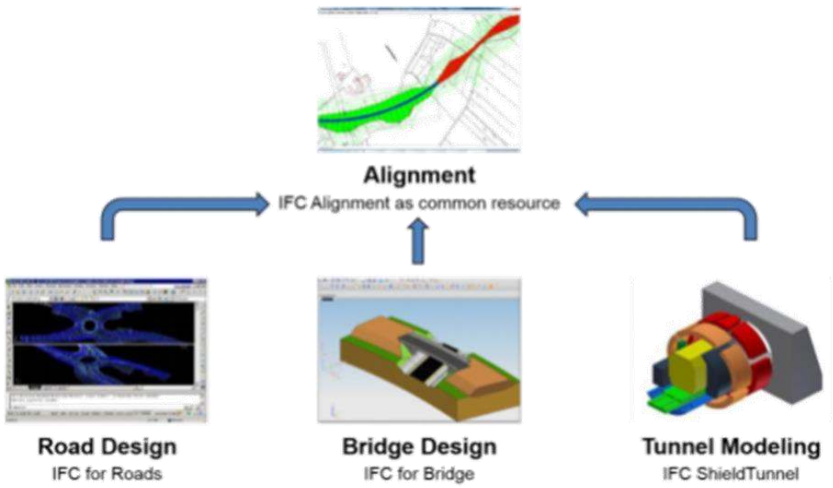
Quadro 1: Impacto no custo estimado do uso de modelo 3D na interseção

Notificação de Problemas de Projeto	Porcentagem estimada de redução	Custo total (Milhões de US$)	Custo médio por revisão
Estruturas Gerais	30,5%	6,8	45.674
Saneamento/ Drenagem	25,5%	5,7	85.631
Rodovias / Drenagem	11,1%	2,4	27.120
Pontes	8,0%	1,8	15.557
Barreiras Acústicas	8,0%	1,8	125.909
Muros de Contenção	7,7%	1,7	21.818
Terraplenagem	4,5%	1,0	59.220
Elétrica	2,6%	0,6	15.557
Tráfego	2,1%	0,5	18.174
Sinalização	0,1%	0,02	738
TOTAL	**100%**	**22,32**	**-**

Fonte: Adaptado de USFHA (2013).

A interoperabilidade de modelos BIM pode ser definida como a capacidade dos aplicativos BIM para realizar trocas de dados entre eles, facilitando a automatização dos fluxos de trabalho (EASTMAN et al., 2011). Sabe-se que os projetos de infraestrutura envolvem diversas partes interessadas (projetistas das diferentes disciplinas, especialistas, construtores, fornecedores, etc.). Tendo em conta a relevância do tema, a buildingSMART incluiu na especificação IFC, a partir da versão 4.1, a primeira entidade voltada para infraestrutura, o *IfcAlignment* (**Figura 4**). Num trabalho em paralelo a este, e em conjunto com a OGC (Open Geospatial Consortium), foi publicada também a "Arquitetura Geral" (*Overall Architecture*), que norteará os futuros desenvolvimentos de extensões do IFC para fins de Infraestrutura. Atualmente, os projetos em andamento para extensão do IFC são: Pontes (*Bridges*), Estradas (*Roads*) e Portos e Vias Marítimas (*Ports & Waterways*). Em particular o IFC Bridge tem previsão de sair na versão 4.3 do IFC, em março de 2019. Há também um projeto para Túneis (*Tunnel*) (BUILDINGSMART, 2018).

Figura 4. IFC para infraestrutura



Fonte: buildingSMART (2014).

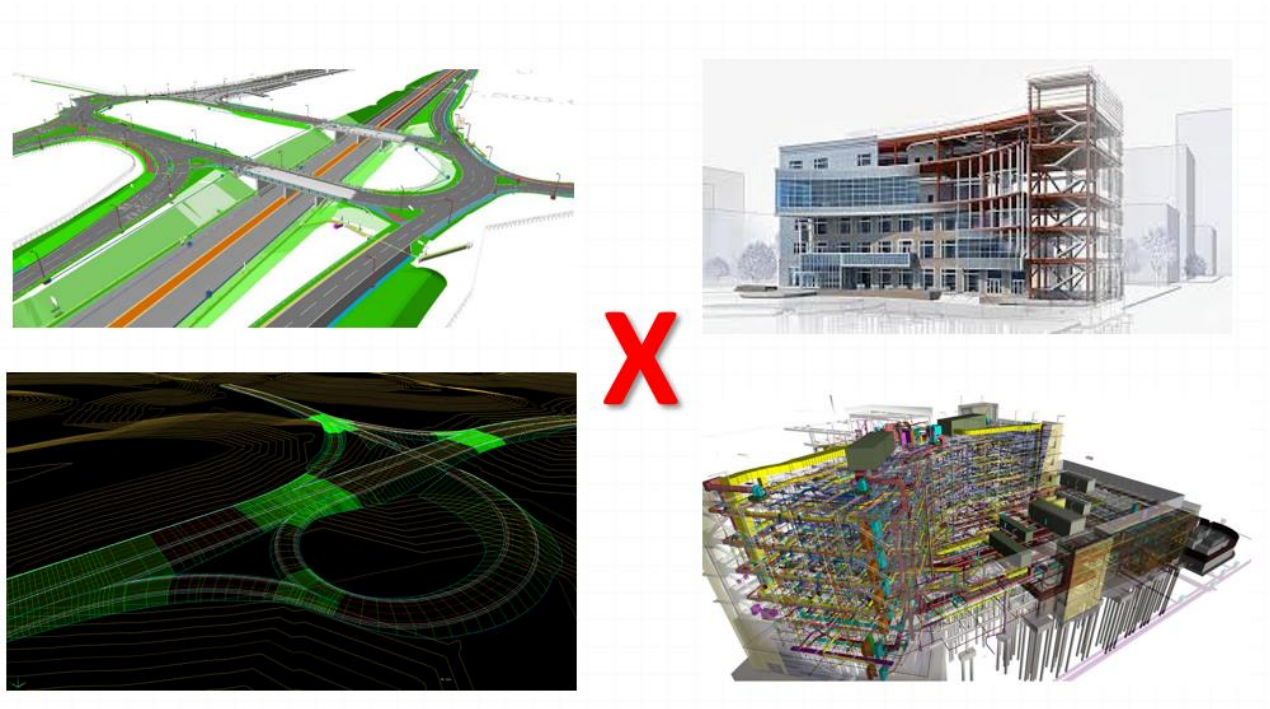
3.3 Diferenças entre modelos BIM de infraestrutura e edificações

Pode-se entender a expressão "complexidade do modelo BIM" como a quantidade de objetos presentes no modelo, bem como a variabilidade de atributos constituintes de cada um dos objetos. Quanto maior a quantidade tanto de objetos quanto de atributos, maior a complexidade do modelo BIM estudado. Quando comparados a modelos de edificações, os modelos de estruturas de transporte têm complexidade reduzida, conforme pode ser observado na **Figura 5**.

Uma das mais importantes definições para o setor de infraestrutura é o Nível de Desenvolvimento, ou LOD – *Level of Development*, que foi especificado para a área de edificações através do BIM Forum – *The US Chapter of buildingSMART International* (BIMFORUM, 2018). O Nível de Desenvolvimento é a métrica pela qual pode-se "identificar quais informações incluir durante o processo de projeto e construção" (BIMe INITIATIVE, 2018). Por essa definição, quando se contrata um modelo BIM, sabe-se claramente quais informações se pretende ter em função da demanda do cliente, em cada etapa. Essa definição para

componentes de modelos BIM de infraestrutura, não é única para as diferentes partes interessadas, gerando entendimentos diversos e dificuldade de comunicação.

Figura 5. Comparação entre modelos BIM de infraestrutura e edificações

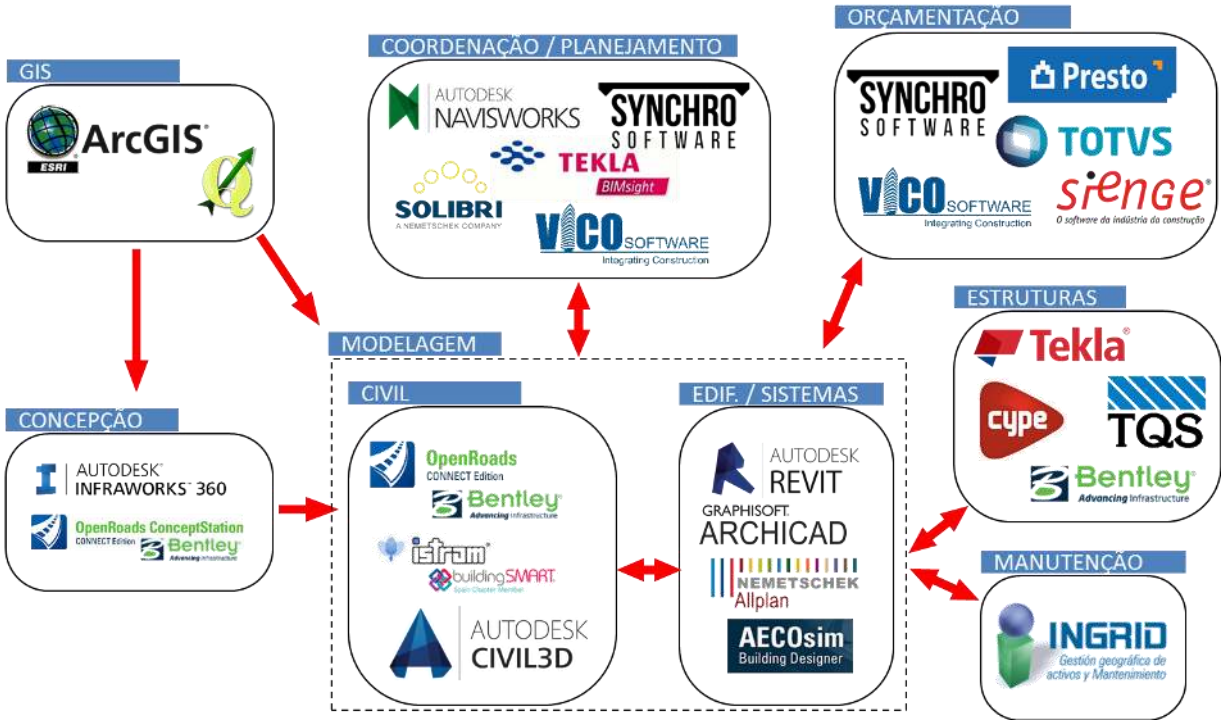


Fonte: Autodesk (2019); Elliott (2015); Tekla Structures (2014) e Autores.

No ecossistema atual de softwares BIM (entendendo-se como “software BIM” aquele capaz de participar em um processo BIM, lendo, interpretando e/ou gerando modelos BIM), é comum para infraestrutura o uso e adaptação de softwares já consagrados em edificações. A **Figura 6** ilustra o uso dos aplicativos Autodesk Revit, Graphisoft Archicad e Bentley AECOsim como ferramentas para modelagem que são comumente adaptadas para uso em partes de empreendimentos de infraestrutura. Uma vez que um único software não é capaz de executar todas as análises BIM possíveis para um determinado empreendimento, é necessário uso de diversas plataformas para geração de um entregável BIM. Para o caso de infraestrutura, entregáveis como a própria modelagem podem ser de difícil obtenção dadas as limitações dos softwares - a modelagem de uma rodovia envolve formas diferenciadas das edificações, e não se pode esperar simulações de insolação em empreendimento rodoviário, por exemplo. Além disso, quando comparados aos softwares para edificações, percebe-se que as configurações e parametrizações para projetos de infraestrutura estão muito menos avançadas, principalmente no que tange à geometria complexa dos sistemas de transporte (mudança de perfil, seções, sobre-elevações ao longo do traçado de uma ferrovia, rodovia ou ponte, por exemplo) e à exequibilidade de simulações através dos modelos BIM (como dimensionamentos de pavimentos e análises de tráfego).

Em seus estudos, Mattsson e Rodny (2013) e Cheng, Lu e Deng (2016) mencionam que os desafios e oportunidades para a implantação do BIM em empreendimentos de infraestrutura seriam: tempo (prazos de projeto apertados), custo (rateio dos custos e mensuração de ganhos), conhecimento e treinamento (ainda é baixo o número de pesquisas acadêmicas e capacitação de mão de obra própria ou subcontratada), cliente (exigência de entrega de projetos em PDF), falta de incentivo à adoção do BIM pela indústria (conservadorismo), alinhamento dos objetivos entre indústria e pesquisas acadêmicas (aplicações práticas versus teóricas), problemas organizacionais (falta de planejamento e coordenação BIM) e problemas técnicos (capacidade dos softwares / ferramentas utilizados).

Figura 6. Ecossistema de softwares utilizados para BIM em infraestrutura



Fonte: Autores.

Resume-se na **Figura 7**, as principais diferenças entre BIM para infraestrutura e para edificações:

Figura 7. Tabela comparativa Infraestrutura x Edificações (BIM)

INFRAESTRUTURA	EDIFICAÇÕES
• Menor complexidade modelo;	• Maior complexidade modelo;
• Poucos softwares modeladores;	• Mais softwares modeladores;
• Cliente principal é público;	• Cliente principal é privado;
• Baixa interoperabilidade;	• Razoável interoperabilidade;
• BIM no início;	• BIM já maduro;
• Baixo número de pesquisas;	• Diversas pesquisas;
• Cultura projetista e construtor;	• Alavancado pelos projetistas;

Fonte: Autores

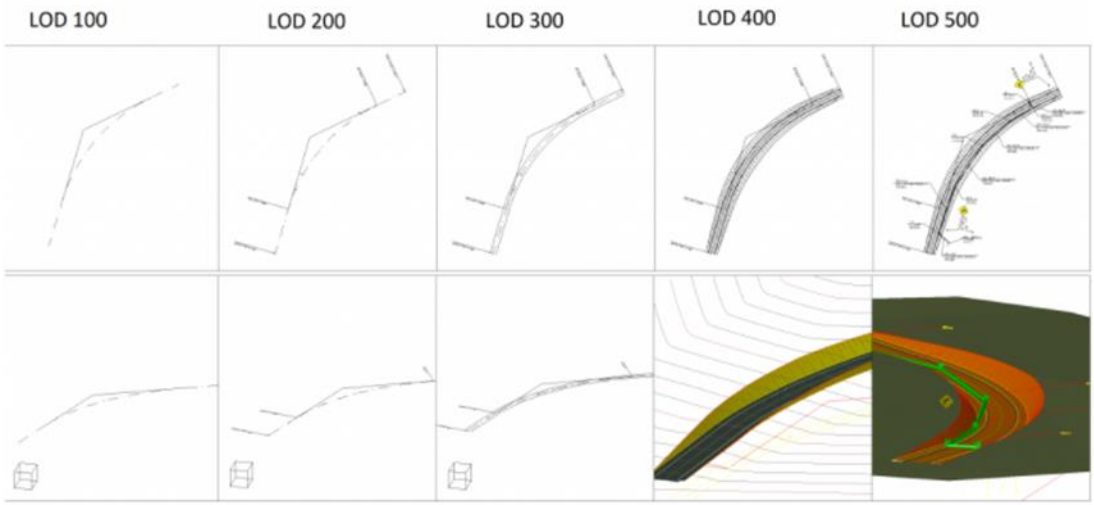
4 CONCLUSÕES

A maturidade no emprego do BIM na Infraestrutura passa necessariamente pelos seguintes aspectos:

- Aumento do número de pesquisas no tema: é necessário incentivar a pesquisa científica e aplicação em cases de mercado, de forma a obter resultados mensuráveis;
- Definições de modelagem BIM para infraestrutura: no intuito de nivelar o entendimento sobre o nível de informação requerido nos modelos BIM, deve-se proceder a uma padronização da definição do LOD para infraestrutura. A **Figura 8**, presente no artigo de Pedro Soethe (2017), ainda que questionável, traz uma proposta para o tema, aplicado a rodovias.

- Normatização (nacional e regional): a normatização do BIM para infraestrutura também se faz necessária, e nacionalmente já se observa esforços para tal.
- Desenvolvimento de tecnologia: entende-se que, com a crescente demanda de utilização de modelos BIM, ocorre naturalmente uma demanda de evolução dos softwares específicos para infraestrutura. Pode-se observar, nas novas versões de softwares, evoluções no aspecto de demandas específicas. A própria indústria, ao entender o modelo de infraestrutura como principal insumo, passará oferecer análises de pavimento, estudos de tráfego, por exemplo, a partir do modelo.
- Contratações: construções contratadas separadamente do projeto executivo não favorecem a potencialidade do BIM. Atualmente, a melhor forma de contratação seria o IPD – *Integrated Project Delivery*, onde todos os envolvidos, desde o cliente, projetista, construtor, manutenção e usuário estão envolvidos em um objetivo único: a engenharia, buscando a melhor solução de projeto.
- O apelo pelas *Smart Cities* e por maior eficiência de gestão pública também contribui para a adoção da metodologia, visto que os modelos de infraestrutura são o principal insumo tanto para *Smart Cities* como para uma melhor gestão de ativos.

Figura 8. Proposta de LOD para infraestrutura



Fonte: Soethe (2017).

Com base no exposto, pode-se concluir que ainda há muitas oportunidades a serem desenvolvidas para o BIM voltado para a área de infraestrutura, sejam elas evolução dos softwares de modelagem, planejamento e gestão/coordenação, estabelecimento de diretrizes claras para contratação e fiscalização, e evolução para novas utilizações do modelo de infraestrutura. Diferentemente do ocorrido na área de edificações, onde o Brasil incentivou tardiamente a utilização do BIM em relação ao resto do mundo, na área de infraestrutura temos condição de estar junto aos demais países. Considerando o atual cenário brasileiro de combate às práticas de corrupção, e regras de *compliance* rígidas de grandes construtoras, a disseminação e utilização de processos e da metodologia BIM pode ser vista como uma oportunidade de amadurecimento do setor de forma global.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **BIM for Mechanical, Electrical, and Plumbing**. Disponível em: <https://www.autodesk.com/solutions/bim/mep>. Acesso em: 12 jan. 2019.

BIME INICIATIVE. **BIM Dictionary**. Disponível em: <https://bimdictionary.com/pt/level-of-development/1/>. Acesso em: 31 jan. 2019.

BIMFORUM. **Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://bimforum.org/lod/>.

BRADLEY, A. et al. BIM for Infrastructure: An Overall Review and Constructor Perspective. **Automation in Construction**, v. 71, n. 2, p. 139–152, 2016.

BUILDINGSMART. **Ifc Alignment**. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/downloads/ifc/ifc5-extension-projects/ifc-alignment/ifcalignment-projectpresentation-cs-1>. Acesso em: 27 ago. 2018.

BUILDINGSMART. **Infrastructure Room Charter**. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/rooms-and-groups/infrastructure-room/%0Awww.buildingsmart.org/standards/rooms-and-groups/infrastructure-room/>. Acesso em: 27 ago. 2018.

CHENG, J. C. P.; LU, Q.; DENG, Y. Analytical review and evaluation of civil information modeling. **Automation in Construction**, v. 67, p. 31–47, 2016.

DODGE DATA & ANALYTICS. The Business Value of BIM for Infrastructure 2017. **SmartMarket Report**, v. 1, n. 2017, p. 1–68, 27 set. 2017.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook - A guide to Building Information Modeling**. 2nd. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

ELLIOTT, T. **BIM Level 2 for UK Motorways**. Disponível em: <http://www.infrastructure-reimagined.com/bim-level-2-for-uk-motorways/>. Acesso em: 28 ago. 2018.

MATTSSON, M.; RODNY, M. **BIM in Infrastructure - Using BIM to increase efficiency through the elimination of wasteful activities**. [s.l.] KTH Royal Institute of Technology, 2013.

OLDENBURG, R.; PARVE, L. **3D Modeling and 4D Simulation : Mitchell Interchange Construction / Zoo Interchange Design , Southeast Freeways , Wisconsin**. [s.l: s.n.].

PASCOAL JR., J. et al. Análise de Casos Práticos da Adoção do Processo BIM em Empreendimentos de Infraestrutura. 4º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas / Seminário Internacional “Latin American Tunneling Seminar - LAT 2017”, 2017, São Paulo. **Anais**... São Paulo:CBT, 2017. Disponível em: <http://www.neopixdmi.com.br/@mci/4cbt/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SOETHE, P. **Desmistificando o BIM com foco em Infraestrutura**. Disponível em: <http://blogs.autodesk.com/mundoaec/desmistificando-o-bim-com-foco-em-infraestrutura/>. Acesso em: 20 ago. 2018.

STOWE, K. et al. Capturing the Return on Investment of All-In Building Information Modeling: Structured Approach. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 20, n. 1, p. 04014027, 2015.

TEKLA STRUCTURES. **Innovative healthcare project**. Disponível em: <https://www.tekla.com/ae/bim-awards-2014/bimmodel1.html>. Acesso em: 12 fev. 2019.

U.S. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Understanding the Benefits of 3D Modeling in Construction: The Wisconsin Case Study3D Engineered Models for Construction**. Washington, DC: [s.n.].