ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Defasagem do BIM para Infraestrutura de Transportes: Estudo Comparativo com o setor de Edificações

BIM lag for Transport Infrastructure: Comparative Study with the Buildings sector

Otto Araujo Nielsen
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | nielsen.otto@ime.eb.br
Rafael Barbosa Otranto
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | rafael.otranto@ime.eb.br
Giuseppe Miceli Junior
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | giuseppe.pged@ime.eb.br
Altair dos Santos Ferreira Filho
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | altairff@ime.eb.br

Resumo

Este artigo propõe uma análise sistemática e quantitativa para estimar a defasagem da implementação do *Building Information Modeling* (BIM) entre os setores de infraestrutura de transporte e edificações. Embora haja ampla divulgação sobre a extensão da defasagem da metodologia BIM no contexto da infraestrutura de transporte, nenhum estudo forneceu uma abordagem detalhada e baseada em dados para estimar esse atraso. Adotou-se o conceito das *Noteworthy BIM Publications* (NBP) ou, em português, Notáveis Publicações de BIM, como base para a análise. O método consistiu em uma busca realizada utilizando fontes abertas de pesquisa, explorando sites de organizações governamentais e privadas, conferências e periódicos especializados. Motivado pela lacuna existente na literatura, este estudo busca fornecer uma análise comparativa entre os setores em apreço. Os resultados revelam que há uma diferença de 4,7 anos na adoção e implementação da metodologia BIM entre os dois setores, destacando as diferenças significativas e analisando fatores que possam ter contribuído para essa disparidade. Neste intuito, esta pesquisa visa contribuir para uma compreensão mais profunda dos desafios enfrentados na implementação do BIM e fornecer ensinamentos que proporcionem melhoria na gestão e no planejamento de projetos de infraestrutura de transportes.

Palavras-chave: BIM. Defasagem. Infraestrutura de Transporte. Edificações.

Abstract

This article proposes a systematic and quantitative analysis to estimate the gap in the implementation of Building Information Modeling (BIM) between the transport infrastructure

Como citar:
NIELSEN, O. et al. Defasagem do BIM para Infraestrutura de Transportes: Estudo Comparativo com o setor de Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

and buildings sectors. Although there is widespread coverage of the extent of the BIM methodology lag in the context of transportation infrastructure, no studies have provided a detailed, data-driven approach to estimating this lag. The concept of Noteworthy BIM Publications (NBP) or, in Portuguese, Notable BIM Publications, was adopted as the basis for the analysis. The method consisted of a search carried out using open research sources, exploring websites of governmental and private organizations, conferences and specialized journals. Motivated by the gap in the literature, this study seeks to provide a comparative analysis between the sectors in question. The results reveal that there is a difference of 4.7 years in the adoption and implementation of the BIM methodology between the two sectors, highlighting the significant differences and analyzing factors that may have contributed to this disparity. To this end, this research aims to contribute to a deeper understanding of the challenges faced in the implementation of BIM and provide lessons that provide improvements in the management and planning of transport infrastructure projects.

Keywords: BIM. Delay. Transport Infrastructure. Buildings.

INTRODUÇÃO

O emprego de *Building Information Modeling* (BIM) está se tornando cada vez mais comum na indústria da construção civil, especialmente no segmento de edificações [1]. Sua crescente adoção é atribuída aos benefícios que ele proporciona em vários aspectos do processo de construção. Esses benefícios incluem a redução de conflitos e problemas de coordenação, melhor comunicação entre as equipes, redução de retrabalhos, diminuição dos custos e maior envolvimento do cliente [2]. Contudo, o mesmo estudo aponta que a implementação do BIM na infraestrutura de transportes está atrasada em relação ao segmento de edificações, com uma diferença estimada em três anos. Essa lacuna é mais acentuada em países em desenvolvimento, como o Brasil, devido a menor disponibilidade de ferramentas e dados, falta de processos de trabalho bem definidos e escassez de normas e publicações [1].

A análise bibliométrica realizada reforça essa constatação, apontando para um aumento recente de publicações científicas sobre a aplicação do BIM na infraestrutura de transporte, mas confirmando a defasagem estimada em três anos em relação ao setor de edificações [3,4]. No entanto, estes apontamentos têm mais de 10 anos, sendo crucial reavaliar se essa diferença ainda se mantém.

Motivado por essa questão, este estudo busca explorar analiticamente a defasagem no uso do BIM em projetos de infraestrutura de transporte, bem como a magnitude dessa defasagem e suas causas. A investigação também examina as diferenças significativas entre os ambos os setores, buscando fatores-chave que contribuem para essas disparidades.

Para tanto, adotou-se o conceito das *Noteworthy BIM Publications* (NBP) ou, em português, Notáveis Publicações de BIM. As NBP englobam uma variedade de documentos, incluindo iniciativas setoriais, revistas revisadas por pares, livros publicados e outras fontes de destaque. Essas publicações, frutos de esforços colaborativos entre entidades acadêmicas, governamentais e industriais,

desempenham um papel crucial na disseminação de conhecimento, orientação da implementação e definição de requisitos para o BIM [5].

METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa, foi necessário um processo de busca, seleção, classificação e avaliação das NBP. Dada a ausência de bases de dados dedicadas a esse tipo de documentação, a busca foi realizada utilizando fontes abertas de pesquisa, explorando sites de organizações governamentais e privadas, conferências e periódicos especializados. Esta abordagem ampla garantiu uma visão mais abrangente do panorama do NBP no contexto do BIM.

Devido à natureza diversa dos NBPs, propõem-se critérios para aceitar uma publicação como NBP [5], como segue:

- NBPs são documentos (ou seja, não se aceita sites, blogs ou formatos similares);
- NBPs refletem o conhecimento BIM (ou seja, publicações focadas em habilidades, ferramentas BIM, decretos de adoção governamental ou roteiros foram excluídas);
- NBPs são os resultados da experiencia com o BIM (ou seja, publicações entregues por outros setores industrias são excluídas);
- NBPs cobrem tópicos relevantes de BIM (ou seja, publicações que cobrem tópicos do estágio de maturidade pré-BIM são excluídas); e
- Os PNB são macroscópicos (ou seja, são excluídos documentos destinados a pequenos grupos de profissionais ou estudantes).

Após a busca, a etapa de triagem seguiu critérios específicos para identificar as NBP conforme a definição de [5]. Para manter a integridade da pesquisa, foram excluídas publicações relacionadas ao uso de ferramentas ou *softwares* específicos, pois estas têm foco mais técnico e prático do que conceitual. Traduções de guias de outras línguas foram eliminadas para evitar possíveis distorções de conteúdo. Documentos de autoria de indivíduos particulares e materiais apresentados em *sites*, *blogs* ou formatos semelhantes também foram excluídos devido ao risco de inconsistência e falta de confiabilidade. Com essa triagem, um total de 234 publicações do tipo NBP foram selecionadas para compor o *corpus* da pesquisa.

ANÁLISE REALIZADA

A análise inicial teve como objetivo verificar a existência de divergências entre o início das publicações para os setores de edificações e infraestrutura de transporte, bem como investigar as possíveis causas da defasagem na disseminação do conhecimento nos respectivos setores.

Posteriormente, a pesquisa estimou a defasagem atual na disseminação do conhecimento entre esses dois setores. Para esta estimativa, utilizou-se uma

abordagem baseada na distância entre os centros de massa das curvas de publicações mundiais nos setores analisados. Essa abordagem foi escolhida porque permite monitorar essa defasagem ao longo dos próximos anos. O conceito de "centro de massa", neste contexto, refere-se ao ponto médio ou ao valor médio das publicações ao longo do tempo, considerando a distribuição temporal das publicações do tipo NBP. Assim, ao calcular a distância entre esses centros de massa, foi possível obter uma medida da diferença no progresso entre os setores.

A metodologia se mostrou adequada porque reflete a consolidação do conhecimento. No início de um período de rápido crescimento nas publicações, o centro de massa se desloca rapidamente para áreas com maior concentração de novas contribuições. Por outro lado, à medida que a frequência de novas publicações diminui, o centro de massa tende a se estabilizar no meio do período de análise. Para assegurar consistência na estimativa, revisões e atualizações de publicações não foram consideradas novas publicações, mantendo-se a data de publicação original como referência para a análise.

Essa abordagem proporciona uma visão mais precisa e confiável da dinâmica da disseminação do conhecimento nos setores específicos, permitindo monitorar eficazmente as tendências ao longo do tempo. A consideração do movimento do centro de massa fornece um parâmetro relevante para entender o ritmo e a direção das mudanças na produção de cada conhecimento setorizado.

Assim, ao possibilitar a estimativa da discrepância entre as publicações setoriais relacionadas ao BIM – um tema amplamente abordado em artigos e reportagens sobre sua adoção –, a metodologia oferece uma métrica para acompanhar sua evolução ao longo do tempo. Além disso, ela estabelece uma base para discutir a defasagem na adoção do BIM, permitindo avaliar como essa diferença muda ao longo dos anos. O monitoramento desta discrepância permite perceber e entender tendências, podendo ser uma ferramenta para promover a harmonização entre os diferentes setores no contexto do BIM.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado dessa seleção, a Tabela 1 apresenta uma visão geral dessa riqueza documental. A seleção abarca uma diversidade de formatos, como séries de guias, mandatos, protocolos, normas e padronizações. Essa variedade de documentos está distribuída em 28 países de origem, além de 6 iniciativas conjuntas, representando publicações que envolvem pelo menos dois países.

Tabela 1 - Resumo do total de NBP encontrados

Países	Total	(%)	Infraestrutura	(%)
Alemanha	3	1%	-	-
Argentina	1	0%	-	-
Austrália	11	5%	4	9%
Brasil	18	8%	6	13%
Canadá	1	0%	-	-
China	7	3%	-	-
Coréia do Sul	6	3%	-	-
Croácia	1	0%	1	2%
Dinamarca	5	2%	1	2%
Dubai	1	0%	1	2%
Espanha	16	7%	1	2%
Estados Unidos	50	21%	8	18%
Finlândia	25	11%	9	20%
França	2	1%	-	-
Holanda	1	0%	-	-
Hong Kong	14	6%	3	7%
Itália	1	0%	1	2%
Japão	3	1%	-	-
Malásia	5	2%	-	-
Noruega	9	4%	3	7%
Nova Zelandia	2	1%	-	-
Peru	1	0%	-	-
Polonia	2	1%	-	-
Reino Unido	25	11%	6	13%
Rússia	1	0%	-	-
Singapura	14	6%	-	-
Suécia	1	0%	-	-
Taiwan	2	1%	-	-
Iniciativas Conjuntas*	6	3%	1	2%
Total	**234 (28 Países)**		**45 (12 Países)**	

Fonte: Autor

*Inciativas Conjuntas – Publicações que envolvem mais de dois países em um esforço colaborativo para desenvolvimento da metodologia BIM.

DEFASAGEM INICIAL

A análise da evolução das publicações temáticas ao longo dos anos (Figura 1) mostra uma predominância de conteúdos relacionados ao segmento de edificações. Essa tendência pode ser parcialmente explicada pelo fato de que as publicações focadas em edificações têm ocorrido de forma consistente desde 2007. Em contraste, as publicações sobre infraestrutura de transporte começaram a surgir com maior regularidade apenas a partir de 2014.

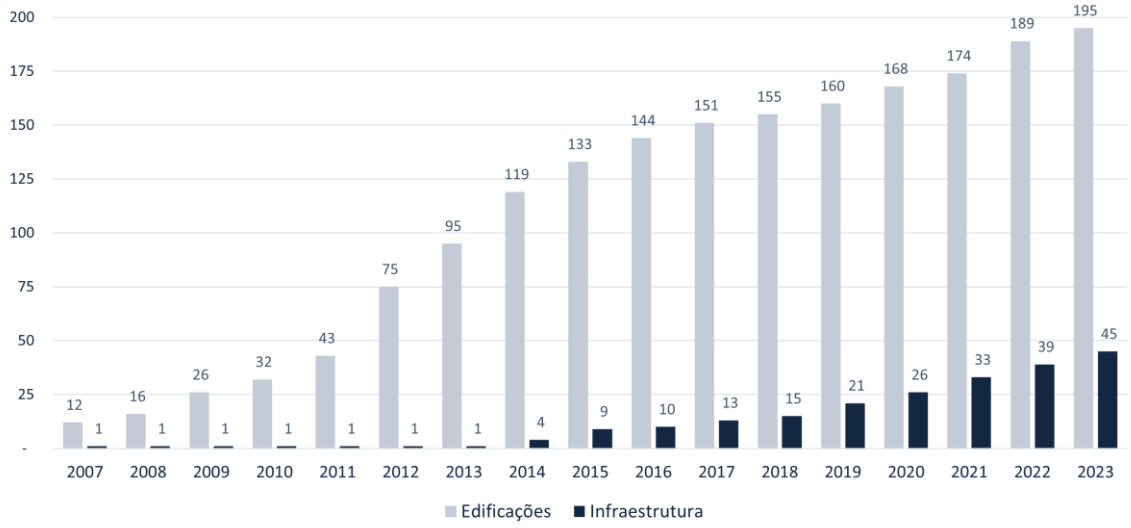
A primeira publicação relacionada ao BIM que está sendo considerada para infraestrutura é a BSI 1192:2007 [6]. Apesar de não abordar explicitamente estas

obras, esta norma estabeleceu um padrão de política e abordagem para trabalhos colaborativos tão significativos que continuam a orientar projetos até os dias atuais, inclusive no contexto da infraestrutura. Mesmo sendo uma publicação voltada para edificações, seu uso no campo da infraestrutura de transporte mostra a importância de diretrizes para projetos colaborativos.

No entanto, o primeiro material explicitamente dedicado à infraestrutura de transportes foi o *BIM Guidelines for Bridges* [7], uma publicação finlandesa lançada em 2014. Isso sugere que houve um atraso inicial de cerca de 7 anos entre a primeira publicação para BIM e a primeira publicação específica do setor. Somente após 2014, publicações voltadas à infraestrutura de transporte começaram a ganhar consistência, refletindo uma mudança na atenção e no foco do BIM para esse segmento. Assim, pode-se considerar uma defasagem inicial estimada em 7 anos entre os setores.

Reforçando essa estimativa de defasagem, a Figura 1 mostra que, entre 2007 e 2014, as publicações relacionadas a edificações ultrapassaram 100 NBP. Nesse mesmo período, o setor de infraestrutura de transporte estava apenas começando a adotar o BIM. A disparidade no número de publicações durante esse período indica uma lacuna significativa entre os setores, sugerindo uma necessidade de maior esforço para promover o uso do BIM na infraestrutura de transporte.

Figura 1 - Evolução das NBP ao longo dos anos segmentada pela temática.



Fonte: Autor

Uma das possíveis explicações para esta defasagem temporal é a interoperabilidade, um conceito fundamental no BIM. O *Industry Foundation Classes* (IFC), particularmente na sua versão 4, lançada em 2013, desempenhou um papel crucial ao possibilitar a interoperabilidade entre BIM e *Geographic Information Systems* (GIS), em português, Sistemas de Informação Geográfica, facilitando a troca de informações entre diferentes fabricantes de *software* de arquitetura, engenharia e construção [8].

Este avanço representou um importante passo para a infraestrutura de transporte, uma vez que a interoperabilidade é uma das principais demandas para a implementação do BIM em projetos de infraestrutura de transportes [9].

O IFC é um padrão aberto e neutro em termos de plataforma, o que significa que não está vinculado a nenhum fabricante específico de *software* BIM. Uma de suas características é sua capacidade de suportar a representação de informações semânticas, ou seja, informações com significado específico para diferentes disciplinas.

Sua primeira versão (IFC 1.0) entrou em uso em 1997 e, desde 2005, o padrão passou a ser desenvolvido e mantido pela *BuildingSMART International*, uma organização que trabalha para tornar o IFC um padrão universal do setor. Com este objetivo, foram consolidadas a ISO 12006-3: 2007 [10] e ISO 16739: 2013 [11]. Para se manter disponível como possível padrão universal, o IFC passou por várias atualizações e revisões tentando acompanhar os avanços tecnológicos e as mudanças nas práticas da indústria. Algum de seus marcos relevantes foram [12]:

• IFC 4 - 2013: Como citada anteriormente, esta nova versão do IFC passou a oferecer suporte a funcionalidades avançadas, como modelagem paramétrica e análise estrutural mais detalhada. Porém, sua principal contribuição para o setor de infraestrutura foi sua comunicação com ferramentas GIS.
• IFC 4.2 - 2016: Atualização do IFC 4 foi lançada, trazendo apenas correções de *bugs* e pequenas melhorias na especificação, fortalecendo a capacidade do IFC de suportar projetos de infraestrutura.
• IFC 4.3 - 2022: Última atualização, resultado de um processo internacional plurianual: *IFCRail* e *IFCInfra*. Além das correções e pequenas melhorias na especificação, essa versão melhorou a capacidade do IFC de suportar pontes, portos, vias navegáveis e elementos alongados como estradas e ferrovias [13].

A coincidência cronológica entre o desenvolvimento do IFC e o aumento das publicações sobre infraestrutura de transportes até 2014 oferece uma explicação plausível para o maior desenvolvimento inicial do BIM na temática de edificações e reforça a compreensão de que a aplicação efetiva do BIM no setor de transportes requer uma integração sólida com o GIS [14].

Ao examinar a evolução das NBP para ambos os setores (Figura 2), observa-se um aumento significativo de publicações para a temática de Infraestrutura de transporte a partir de 2018. Este aumento destaca a crescente importância atribuída por diversas entidades, incluindo órgãos governamentais, instituições acadêmicas e outras organizações no desenvolvimento de NBPs como fontes de conhecimento em BIM, refletindo a necessidade de diretrizes e conhecimentos específicos voltados para a metodologia BIM aplicada a projetos de infraestrutura de transporte.

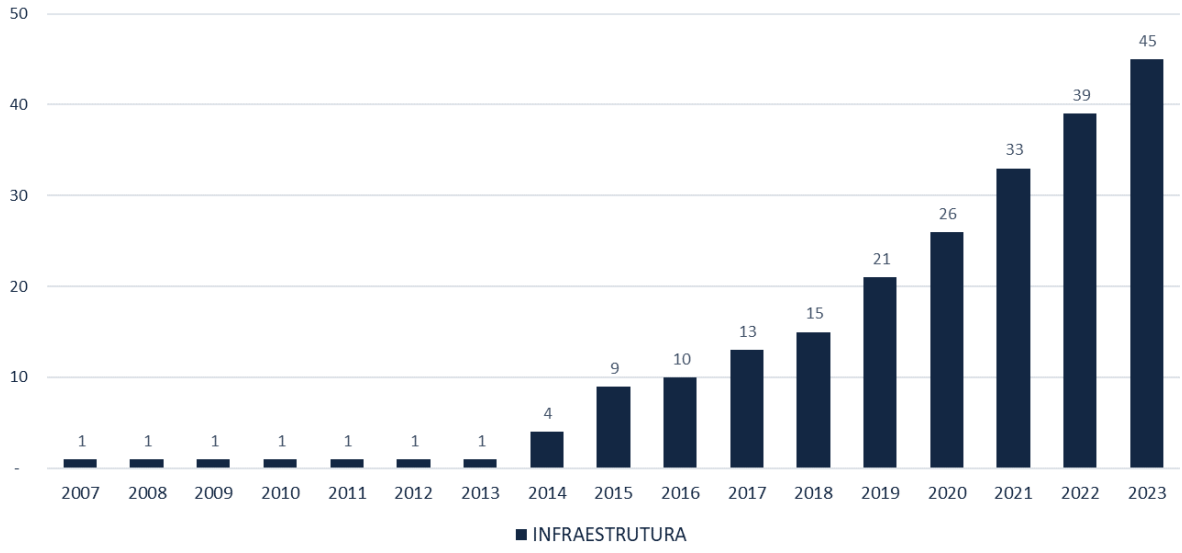
O crescimento mais acentuado identificado nas publicações sobre infraestrutura de transporte fica particularmente notável ao se plotar a curva de tendência (Figura 2), que se apresenta de forma exponencial, contrastando com a tendência para as publicações gerais BIM (Figura 1), que sugere estar entrado em um período de menor taxa de crescimento de publicações ao longo do tempo.

Defasagem Atual

Para calcular o centro de massa, é necessário tomar a quantidade de publicações por ano como a "massa" para a qual se deseja encontrar o centro e o ano de publicação como a "posição". O centro de massa das publicações sobre BIM no setor de edificações foi calculado em 2014,32, o que equivale a meados de março de 2014. Este valor sugere que a maioria das Notáveis Publicações de BIM (NBP) relacionadas ao segmento de edificações se concentra ao redor deste período. A consistência e a regularidade dessas publicações indicam uma trajetória sólida de pesquisa e desenvolvimento no segmento desde 2007, evidenciando uma predominância clara em termos de volume e continuidade.

Por outro lado, o centro de massa das publicações relacionadas ao BIM no setor de infraestrutura de transporte foi calculado em 2019,07, representando o início de janeiro de 2019. A diferença em relação ao centro de massa das publicações do segmento de edificações destaca uma discrepância significativa entre os dois setores. Com uma defasagem de 4,75 anos, ou seja, 4 anos e 9 meses, fica evidenciado que, embora a metodologia BIM seja aplicável em todos os segmentos da Construção Civil, as diferenças entre eles afetam sua adoção, demandando mais pesquisas e estudos específicos para uma implementação completa. Este dado ressalta a necessidade de linhas de pesquisa específicas para cada setor, abordando as particularidades setoriais.

Figura 2 - Evolução das NBP de Infraestrutura de transporte ao longo dos anos.



Fonte: Autor

Embora tenha se considerado a publicação inicial para ambos os segmentos em 2007, a lacuna nas publicações sobre infraestrutura de transporte até 2014 é inequívoca e contribuiu para a defasagem identificada. No entanto, é importante notar que, embora a defasagem inicial tenha sido de cerca de 7 anos, a redução para 4,75 anos sugere que o setor de infraestrutura de transporte está começando a publicar e a consolidar a metodologia BIM em suas aplicações. Esta redução indica um maior interesse pela metodologia BIM no contexto da infraestrutura de transporte, além de indicar uma tendência positiva para a diminuição da distância entre os setores.

Ainda assim, há trabalho a ser feito para garantir que o BIM seja aplicado de maneira mais uniforme em ambos os segmentos, atendendo às suas demandas específicas. Este dado de defasagem corrobora a visão de atraso na adoção do BIM entre os setores [2], evidenciando que o setor de infraestrutura de transporte, embora esteja avançando, ainda tem um caminho a percorrer para alcançar o setor de edificações em termos de adoção e desenvolvimento do BIM.

PROGNÓSTICO

Diante do panorama delineado nesta análise, onde se destaca um aumento nas publicações globais dedicadas à infraestrutura de transportes, torna-se plausível antecipar uma nova onda de publicações voltadas ao setor. Esse prognóstico está fundamentado nas correlações identificadas, especialmente no contexto do desenvolvimento do IFC e do BIM para infraestrutura de transportes. A finalização da versão IFC 4.3 em 2022, espelhando o que ocorreu em 2014, é um impulso significativo para esse crescimento. Essa atualização não apenas aprimora as capacidades de representação e interoperabilidade, particularmente direcionadas ao setor, mas também promove novas publicações voltadas ao setor de transportes. Validar esse prognóstico destacará a estreita relação entre a expansão do BIM para infraestrutura de transportes e os avanços do IFC, enfatizando a importância atribuída pelo setor à interoperabilidade.

Essa perspectiva sugere um ambiente propício ao surgimento de novas abordagens, diretrizes e práticas no contexto da infraestrutura de transporte, impulsionadas pelo crescente interesse e pela evolução contínua das ferramentas e padrões tecnológicos, especialmente com a atualização do IFC. À medida em que essa nova onda de publicações ganhe impulso, é esperado que ela contribua para a consolidação e disseminação do conhecimento em BIM setorial, promovendo ainda mais eficiência, qualidade e inovação nesses campos cruciais aqui abordados.

CONCLUSÕES

O presente estudo analisou a evolução das Notáveis Publicações de BIM (NBP) nos setores de edificações e infraestrutura de transporte, destacando uma defasagem significativa no desenvolvimento do BIM no contexto da infraestrutura de transporte. Os resultados obtidos a partir do cálculo do centro de massa das publicações dos setores ante citados quantificam uma discrepância de aproximadamente 4,7 anos na

disseminação da metodologia BIM para o setor de infraestrutura de transporte quando comparado ao setor de edificações. Essa defasagem nas publicações pode ser interpretada como consequência da um menor número de pesquisas, de desenvolvimento de ferramentas e da disseminação do conhecimento de BIM voltado ao setor, o que, em última análise, redundou em um atraso na adoção e no uso do BIM em projetos de infraestrutura de transportes.

A defasagem inicial entre os dois segmentos foi estimada em 7 anos, conforme o hiato no início das publicações consistentes paras ambos os setores. A redução para os atuais 4,7 anos indica um maior interesse setorial em implementar a metodologia BIM, além de representar uma recuperação parcial desta defasagem. Este aspecto reflete uma maior atenção ao uso do BIM em projetos de infraestrutura de transportes. No entanto, este mesmo dado releva que mais esforços, pesquisas e publicações são necessários para que o BIM seja melhor consolidado no o setor de infraestrutura.

A análise, ainda, sugere que o desenvolvimento do *Industry Foundation Classes* (IFC) possa ter tido um papel importante na renovação do interesse do setor de infraestrutura de transporte pela a adoção da metodologia BIM, especialmente a partir da versão 4, lançada em 2013. Uma vez que a interoperabilidade proporcionada por esta versão do IFC e sua capacidade de integrar o BIM com Sistemas de Informação Geográfica (GIS) podem ter sido fatores determinantes para o aumento das publicações relacionadas à infraestrutura de transporte.

Este aspecto pode indicar que, embora a metodologia BIM seja aplicável em diversos segmentos da Construção Civil, as diferenças entre seus setores afetam sua adoção, reforçando a necessidade de pesquisas e estudos específicos para uma adoção da metodologia com maior maturidade. Este dado reforça a demanda de linhas de pesquisa setoriais.

Por fim, foi apresentando um prognóstico com relação a liberação da versão IFC 4.3, concluída em 2022, que representa mais um avanço na interoperabilidade do setor de infraestrutura de transporte e pode ser um catalisador para uma nova onda de publicações setoriais.

REFERÊNCIAS

[1] CORREA, S. L. M. et al. **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

[2] DODGE DATA AND ANALYTICS. **The business value of BIM for infrastructure 2017**. SmartMarket Report, v. 1, n. 2017, p. 1–68, 27 set. 2017.

[3] STRIEDER, Helena Lunkes; SCHREINERT, Gabriel Grassioli. **Metodologia BIM em obras de infraestrutura: uma revisão sistemática**. 24º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) / 47ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). Bento Gonçalves, RS, 2022.

[4] BRADLEY, A., LI, H., LARK, R., DUNN, S. **BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective**. Automation in Construction, v. 71, p. 139–152, 2016.

[5] KASSEM, M.; SUCCAR, B.; DAWOOD, N. **Building Information Modeling: Analyzing Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy**.p. 329–371, jun. 2015. Publisher: American Society of Civil Engineers. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784413982.ch13.Acesso em: 03/11/2023.,

[6] BSI STANDARDS PUBLICATION. **BSI 1192**: 2007. 2007.

[7] SAARNIKKO, J. **BIM Guidelines for Bridges**. 2014. Disponível em: https: //www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120927/lo_2014-06eng_bim_guidelines_ web.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 26/08/2023.

[8] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, k. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling**. [S.l.: s.n.], 2008. ISBN 978-0-470-54137-1.

[9] CEPA, J. J.; PAVÔN, R. M.; ALBERTI, M. G.; CARAMéS, P. **Towards BIM-GIS integration for road intelligent management system**. Journal of Civil Engineering and Management, v. 29, n. 7, p. 621–638, set. 2023. ISSN 1822-3605. Number: 7. Disponível em: https://jau.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/19514. Acesso em: 21/09/2023.

[10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12006-3**:2007 - Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information. Geneva, 2007.

[11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739**:2013 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Geneva, 2013.

[12] RIBEIRO, S. A.; KRAUSS, P. F. **Análise comparativa entre versões de arquivos IFC utilizando a verificação de interferência**. In: . Campinas, Brasil: [s.n.], 2019. p. 1–5. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/176. Acesso em: 08/02/2024.

[13] NORDIC ROAD AND RAIL BIM COLLABORATION. **Status of LOD and related work at Nordic Infrastructure Clients**. 2022.

[14] CEPA, J. J.; PAVÔN, R. M.; ALBERTI, M. G.; CICCONE, A.; ASPRONE, D. **A review on the implementation of the BIM methodology in the operation maintenance and transport infrastructure**. Applied Sciences, v. 13, n. 5, p. 3176, jan. 2023. ISSN 2076- 3417. Number: 5 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3417/13/5/3176. Acesso em: 21/09/2023.