



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## **BIM E SUA UTILIZAÇÃO COM A IOT E O GIS COMO UMA FERRAMENTA PARA IMPLANTAÇÃO E GERENCIAMENTO DE SMART CITIES<sup>1</sup>**

**CARVALHO, Michele Tereza Marques (1); DA SILVA, Rodrigo Otávio Valente Ribeiro (2); VASQUES, Lucas de Paula (3)**

**(1)** Universidade de Brasília, micheletereza@gmail.com

**(2)** Universidade de Brasília, rvalente1994@gmail.com

**(3)** Universidade de Brasília, vasqueslucas7@gmail.com

### **RESUMO**

O aumento da população urbana a nível mundial traz consigo diversos desafios econômicos, ambientais e sociológicos. Nesse contexto, surgiu o conceito de Smart Cities, que podem ser resumidamente definidas como centros urbanos planejados de forma a integrar da melhor maneira possível uma população, trazendo consigo eficiência nos campos energéticos, de transporte, ambiental, entre outros. Entretanto, para uma efetiva implantação das Smart Cities, com o uso otimizado dos recursos disponíveis, faz-se necessário o uso de tecnologias avançadas nos campos da informática e engenharia. Uma das tecnologias que mais se destacam nesse contexto é o Building Information Modelling (BIM). Este artigo, portanto, possui o objetivo de, através de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), identificar qual a evolução das pesquisas sobre o uso do BIM em Smart Cities a nível mundial. Como conclusão, pode-se notar o crescente uso do BIM nas cidades inteligentes, bem como seu uso integrado a outras tecnologias, como a Internet of Things (IoT) e Geographical Information System (GIS), também se identificando uma maior necessidade de pesquisas relacionadas à integração entre essas ferramentas.

**Palavras-chave:** Smart Cities, Building Information Modelling (BIM), Geographic Information System (GIS), Internet of Things (IoT)

### **ABSTRACT**

The increase of the urban population worldwide brings with it several economic, environmental and sociological challenges. In this context, the concept of Smart Cities emerged, which can be briefly defined as urban centers planned in order to integrate the population in the best possible way, bringing efficiency in the fields of energy, transport, environmental, among others. However, for an effective implementation of Smart Cities, with the optimized use of available resources, it is necessary to use advanced technologies in the fields of information technology and engineering. One of the most outstanding technologies in this context is Building Information Modeling (BIM). This article, therefore, aims to, through a Systematic

---

<sup>1</sup> CARVALHO, Michele Tereza Marques; DA SILVA, Rodrigo Otávio Valente Ribeiro; Vasques, Lucas de Paula. BIM E SUA UTILIZAÇÃO COM IOT E GIS COMO UMA FERRAMENTA PARA IMPLANTAÇÃO E GERENCIAMENTO DE SMART CITIES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

*Mapping of Literature (SML), identify the evolution of research on the use of BIM in Smart Cities worldwide. In conclusion, it can be noted the growing use of BIM in smart cities, as well as its use integrated with other technologies, such as Internet of Things (IoT) and Geographical Information System (GIS), also identifying a big need for research related to the integration between these technologies.*

**Keywords:** Smart Cities, Building Information Modelling (BIM), Geographic Information System (GIS), Internet of Things (IoT)

## 1 INTRODUÇÃO

As Smart Cities tem se tornado mais inteligentes do que antes graças aos recentes desenvolvimentos de tecnologias digitais (ARASTEH et al., 2016).

Smart Cities consistem em cidades que utilizam infraestruturas conectadas que aprimorem a eficiência política e econômica enquanto possibilita seu desenvolvimento sociocultural e urbano. (Hollands, 2008, p.307) [Kummitha e Crutzen, 2017].

Segundo a ISO/IEC 21972 (2020), para que uma cidade seja inteligente é preciso que as suas decisões sejam tomadas a partir de métricas precisamente definidas.

### 1.1 BIM, IoT e GIS no contexto das Smart Cities

Para a efetiva implementação das Smart Cities, algumas tecnologias se destacam, entre elas o BIM, a IoT e o GIS, cada uma delas podendo ser aplicada em um determinado contexto ou mesmo integradas.

Building Information Modelling (BIM) pode ser definido como uma simulação inteligente da arquitetura, de forma a abranger diversos aspectos de um empreendimento, sendo acessível a toda equipe responsável e utilizável por todo o seu ciclo de vida (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011; Sattenini, Azhar, & Thuston, 2011).

Para a concepção de Smart Cities, é necessária uma quantidade de dados que irão servir de suporte para as diversas tecnologias usadas no processo, como a IoT. Esses dados podem ser obtidos através do BIM, que permite uma integração entre o espaço físico e o digital. O BIM permite que se represente digitalmente não somente a geometria, mas também informações e a localização de uma construção, sendo assim a plataforma ideal para Smart Cities (Dy Buncio, 2019).

Geographic Information System (GIS), por sua vez, consiste em um modelo com informações georreferenciadas da infraestrutura urbana e de elementos naturais que podem ser analisados, gerenciados e visualizados, permitindo dessa forma trabalhos de engenharia e análises ambientais.

Dentre as possíveis aplicações do GIS em Smart Cities pode-se citar o trabalho desenvolvido por Delgado et al. (2019) em que o GIS foi utilizado juntamente com algoritmos de inteligência artificial para encontrar o melhor caminho que caminhões de lixo poderiam percorrer na cidade de Cartagena (Espanha),

otimizando assim os impactos socioeconômicos e ambientais através de uma minimização dos custos, da emissão de CO<sub>2</sub> e do gasto de combustível.

Segundo Bibri (2018), a Internet das Coisas (IoT), em inglês Internet of Things, provê recursos e outras informações por meio da conexão digital para facilitar a comunicação entre diferentes tipos de usuários e dispositivos. Ainda segundo o autor, a IoT facilita o acesso à essas informações por meio da interconexão entre os dispositivos.

A IoT pode ser utilizada em Smart Cities com o fim de integrar dispositivos e fornecer informações geográficas e urbanas de uma Smart Cities, conforme apontado por Arasteh et al. (2016). Diante desta realidade, diversos estudos foram realizados com o foco em utilizar a IoT como ferramenta de suporte para o desenvolvimento dessas cidades inteligentes.

Arasteh et al. (2016) traz uma revisão sobre os conceitos de Smart Cities e seu uso com a IoT, assim como a aplicação desta no meio destas cidades inteligentes. São abordadas as diferentes aplicações da IoT em Smart Cities, como redes de sensores, economia de energia, o desenvolvimento de smart-homes, o monitoramento e controle da poluição ambiental, sistemas de segurança, e diversos outros. O trabalho destaca que a combinação de IoT com outras plataformas autônomas tem se tornado uma das tendências nas aplicações de cidades inteligentes. Tal afirmação corrobora com a atual produção de pesquisas relativas ao uso de IoT com a plataforma BIM na construção civil, com foco nas Smart Cities.

Desta maneira, é possível concluir o uso constante do BIM, IoT e GIS nas Smart Cities. O objetivo deste estudo, portanto, é identificar, através de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), a evolução das pesquisas sobre o uso do BIM nas cidades-inteligentes, bem como sua integração com a IoT e o GIS nessa temática.

## **2 Metodologia**

O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) foi utilizado para conduzir este estudo. Com essa metodologia, foi possível identificar a evolução nas pesquisas sobre o uso do BIM em Smart Cities, bem como identificar outras tecnologias que estão sendo utilizadas em conjunto com o BIM nessa aplicação, particularmente a IoT e o GIS.

Primeiramente, através de uma base de dados, realizou-se a busca por artigos relacionados ao tema. Feita essa busca, seguiu-se uma leitura dinâmica do título, resumo e palavras-chave destes artigos, de maneira a poder identificar quais artigos efetivamente se enquadravam na temática. Posteriormente, prosseguiu-se a uma análise dos textos filtrados, separando-os por ano de publicação e em quais desses artigos o BIM foi pesquisado em conjunto com a IoT e o GIS. Finalmente, um panorama sobre essas tecnologias pôde ser elaborado, inclusive com a identificação das lacunas de pesquisa.

As bases de dados utilizadas para a pesquisa foram a Scopus (<https://www.scopus.com/>), ScienceDirect (sciencedirect.com) e

cumincad.scix.net, de maneira que foi possível filtrar os artigos produzidos de 2016 até agosto de 2020 na língua inglesa.

De forma que a pesquisa retornasse o maior número possível de resultados, utilizou-se como string de busca as palavras “Smart City”, “Smsrt Cities”, “Building Information Model” e “Building Information Modelling”. Dessa forma, o algoritmo de busca poderia identificar essas temáticas independentemente de como o autor do artigo as escreveu.

A pesquisa retornou um grande número de artigos, de forma que foi necessária uma análise prévia de quais efetivamente se enquadravam na temática. Identificou-se um grande número de artigos, por exemplo, que tratavam apenas de Smart Cities e somente citavam a tecnologia BIM, sendo que o inverso também foi verificado, não se tratando de uma pesquisa sobre BIM no contexto das cidades-inteligentes. Prosseguiu-se então uma leitura dos títulos, resumos e palavras-chave desses textos científicos, de forma a selecionar os escritos pertinentes à pesquisa. Concluída esta etapa, prosseguiu-se a análise dos artigos.

### 3 Resultados

#### 3.1 Artigos selecionados

Foram identificados um total de 53 artigos que tratavam de pesquisas sobre o uso do BIM em Smart Cities. Nota-se um aumento no número de pesquisas sobre essa temática a partir do ano de 2018, com 15 artigos publicados sobre o tema somente em 2019. Em 2020, foram identificados 11 artigos sobre o assunto, sendo que, como esta pesquisa foi realizada em agosto de 2020, existe uma grande probabilidade de que até o fim do ano mais artigos sobre esse conteúdo sejam publicados. A primeira conclusão desta pesquisa, portanto, é que esta temática está em uma crescente, com cada vez mais pesquisas sendo realizadas na área anualmente.

Tabela 1 – Publicações por ano

Ano de Publicação	Artigo encontrados
2016	5
2017	6
2018	16
2019	15
2020	11

Fonte: Os autores

Em seguida, fez-se uma avaliação de quais artigos abordavam uma implementação do BIM ou com o GIS ou com a IoT em Smart Cities. A integração BIM-GIS apresentou um maior número de resultados, com 20 publicações no total, enquanto a integração BIM-IoT foi observada num total de 14 publicações. Dessa forma, pode-se concluir que a integração entre

essas tecnologias está sendo de fato pesquisada e aplicada nas cidades-inteligentes.

Desta forma, através da leitura e análise dos artigos, foi possível traçar um panorama geral de quão avançados estão os estudos nessa temática.

## **3.2 Integração entre as ferramentas**

### **3.2.1 BIM - IoT**

Segundo Tang et al. (2019) o desenvolvimento da conexão do BIM com IoT é relativamente novo.

Heaton e Parlakad (2019) também notaram que, apesar das normatizações sobre BIM e IoT não estarem diretamente relacionadas ao desenvolvimento de Smart Cities, ambas as tecnologias podem ser usadas durante o ciclo de vida de infraestruturas.

Tang et al. (2019) realizaram uma revisão bibliográfica relativa ao estado da integração do BIM e da IoT e suas futuras tendências. Os autores relatam que essa integração tem se tornado consideravelmente relevante para o meio das Smart Cities. Os artigos analisados foram catalogados de acordo com a área de aplicação almejada e da metodologia de integração adotada. Foi relatado que a interoperatividade entre BIM e IoT tem se mostrado como um dos maiores desafios para o uso conjunto destes. Por fim, é evidenciado que o uso de BIM e IoT tem grande potencial no futuro do ambiente construído e das Smart Cities.

Dave et al. (2018) trata sobre o desenvolvimento de uma plataforma de integração entre a IoT, BIM e diversos sensores em um campus. O projeto visa fornecer informações relativas ao conforto do usuário, uso de energia e ocupação do ambiente. A pesquisa foi capaz de produzir uma plataforma com uma grande gama de fatores, permitindo acesso dos estudantes a diversas informações relativas ao seu campus.

Lin e Cheung (2020) propuseram a criação de um modelo de gerenciamento e monitoramento de garagens subterrâneas em smart cities com o uso de BIM. Os autores integraram a plataforma BIM com uma rede wireless de sensores (WSN) com o fim de detectar a temperatura, umidade e concentração de monóxido de carbono (CO) no ambiente. O sistema proposto monitora automaticamente os fatores supracitados e em casos de emergência ativa automaticamente sistemas de ventilação e segurança, reduzindo o risco de acidentes e fatalidades humanas. Dessa forma, utilizando BIM e os princípios da IoT foi possível realizar um monitoramento eficiente, seguro e mais econômico em relação ao método tradicional de se verificar parâmetros como concentração de CO e temperatura ambiente. Os autores ainda ressaltaram que é possível o uso desta tecnologia associada à inteligência artificial para o monitoramento de ambientes públicos em smart cities.

Zhao et al. (2019) utilizou BIM associado a IoT para aprimorar o gerenciamento inteligente de pontes (desde a sua fase de X até o pós-obra). O sistema

desenvolvido consegue detalhar as condições geométricas da ponte e gerenciar o estado real e atual do projeto. Segundo os autores, o sistema é capaz de diminuir consideravelmente o tempo de construção e os riscos envolvidos no processo. O gerenciamento inteligente é apontado como ferramenta eficiente para outros escopos de projeto, como as smart cities.

Isikdag (2015) propõe um método para combinar as informações fornecidas por modelos BIM e dispositivos com princípios de IoT para auxiliar em serviços diversos em Smart Cities. Estes serviços variam desde respostas à emergência até o monitoramento da população. O método utiliza um modelo GIS da cidade como uma plataforma de integração para as informações dos sensores de IoT juntamente com os dados contidos em modelos BIM de cada edificação/infraestrutura.

O modelo propõe fornecer informações em tempo real sobre o ambiente (temperatura, umidade) interno e externo, estado de elementos de edifícios (portas abertas ou fechadas, localização de elevadores...), nível de poluição do ar em certas localizações, níveis de ruído, radiação solar e localização em tempo real de ônibus. Estas informações estariam disponíveis às partes interessadas, como público geral, serviços de emergência, e gestores de órgãos públicos em Smart Cities.

### **3.2.2 BIM - GIS**

Marzouk e Othman (2020) destacam que apesar das evidentes vantagens e benefícios de se utilizar BIM no desenvolvimento de Smart Cities e integrado ao GIS, ainda existem poucas pesquisas nessa área, apesar de haver um aumento no número dos estudos nesse sentido a partir de 2015.

Ma e Ren (2017) reforçam que existem lacunas nas pesquisas sobre a integração entre GIS e BIM em projetos urbanos e de infraestrutura. Apesar disso, a partir de uma revisão da literatura foi notado que na maior parte das vezes essa integração é utilizada para o planejamento e design de construções, além de operação e manutenção tanto de construções como de infraestruturas. Também foi verificado que o ArcGIS é o software mais utilizado para fazer essa integração, seguido por sistemas próprios desenvolvidos nos estudos e pelo Autodesk Revit. Em mais da metade dos artigos pesquisados, também se notou que na maior parte das vezes, a informação do modelo BIM era extraída para o sistema GIS, mostrando uma tendência no fluxo de trabalho quando se opera com essas duas tecnologias.

Yamamura et al., por sua vez propuseram um sistema baseado na integração "GIS-BIM" para o planejamento energético de um centro urbano, com o qual era possível modelar a cidade com suas diversas partes integradas, prever e simular o efeito das tecnologias de conservação de energia e inclusive visualizar um modelo tridimensional da cidade.

## 4 DISCUSSÕES

A revisão bibliográfica realizada permitiu concluir que cada vez mais as tecnologias BIM, GIS e IoT estão sendo utilizadas como ferramentas para a implantação e gestão de Smart Cities.

Os artigos analisados também mostraram que esses recursos ainda não estão sendo utilizados em todo seu potencial e que em muitas vezes apenas uma dessas inovações não é suficiente para que se possa solucionar os diversos desafios que se apresentam no contexto das cidades-inteligentes.

Dessa forma, muitas pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de propor soluções para Smart Cities com a integração do BIM, IoT e GIS, com destaque para a integração BIM-IoT e BIM-GIS, que tem apresentado muitas soluções eficientes e de alta aplicabilidade.

Entretanto, tem-se que ainda há um grande desafio a ser superado para a completa integração entre essas ferramentas. Ainda há uma grande perda de informações quando se trabalha com a transmissão de informações entre as aplicações que utilizam o BIM, IoT e GIS. Desta maneira, pesquisas para uma maior interoperabilidade se mostram de grande importância.

Como proposta para futuros trabalhos, vale a investigação sobre o uso da inteligência artificial (IA) no planejamento e administração das Smart Cities, dado o imenso potencial da IA, como a criação de modelos preditivos com o uso de Machine Learning, otimizações com algoritmos genéticos e inclusive análise e classificação de imagens com o uso de redes neurais. Vale destacar que a IA também pode ser associada às tecnologias descritas nesse artigo, de maneira a elevar o potencial das soluções e aplicações apresentadas.

## REFERÊNCIAS

- ARASTEH, H.; HOSSEINNEZHAD, V.; LOJA, V.; TOMMASETTI, A.; TROISI, O.; SHAFIE-KHAH, M.; SIANO, P. IoT-based smart cities: a survey, in: **2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)**, IEEE, 2016, pp. 1–6.
- BIBRI, S. E. (2018). The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability. **Sustainable Cities and Society**, 38, 230–253.
- DAVE, B.; BUDA, A.; NURMINEN, A.; FRÄMLING, K. (2018). A framework for integrating BIM and IoT through open standards. **Automation in Construction**, 95, 35–45.
- DELGADO, M. V. B.; GÁZQUEZ, J. L. R.; JIMÉNEZ, P.; MARIÑO, P. P. Optimal Path Planning for Selective Waste Collection in Smart Cities. [2019]. **Sensors** 2019, 19, 1973.
- DY BUNCIO, D. [2019]. BIM as the Digital Enabler For Smart Cities. 2019 **Chicago 10th World Congress Proceedings**.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM – Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.
- HEATON, J.; PARLIKAD, A. K. A conceptual framework for the alignment of infrastructure assets to citizen requirements within a Smart Cities framework. [2019]. **Cities**, 90, July 2019, Pages 32–41.

- HOLLANDS, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? **City: Analysis of urban trends, culture, theory, policy, action**, 12(3), 303–320.
- ISIKDAG, U. BIM and IoT: A Synopsis from GIS Perspective, **Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.**, XL-2/W4, 33–38, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-33-2015>, 2015.
- KUMMITHA, R. K. R.; CRUTZEN, N. (2017). How do we understand smart cities? An evolutionary perspective. **Cities**, 67, 43–52. doi:10.1016/j.cities.2017.04.010
- LIN, Y. C.; CHEUNG, W. F. (2020). Developing WSN/BIM-Based Environmental Monitoring Management System for Parking Garages in Smart Cities. **Journal of Management in Engineering**, 36(3), 04020012.
- MA, Z.; REN, Y. Integrated Application of BIM and GIS: An Overview. [2017]. **Creative Construction Conference 2017**.
- MARZOUK, M.; OTHMAN, A. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the ntegration between BIM and GIS. [2020]. **Sustainable Cities and Society**, 57, 102120.
- TANG, S.; SHELDEN, D. R.; EASTMAN, C. M.; PISHDAD-BOZORGI, P.; GAO, X. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. **Automation in Construction**, 101, 127–139.
- WENWEN, L.; BATTY, M.; GOODCHILD, M. F. (2020) Real-time GIS for smart cities, **International Journal of Geographical Information Science**, 34:2, 311-324, DOI: 10.1080/13658816.2019.1673397.
- YAMAMURA, S.; FAN, L.; SUZUKI, Y. Assessment of urban energy performance through integration of BIM and GIS for smart city planning. [2016]. **International High-Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference 2016 Series (SBE16)**, iHBE 2016.