XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Estrutura conceitual de métricas BIM

Conceptual structure of BIM metrics

Lucas de Santana Gonçalves
Unicamp| Campinas| Brasil | lucas.3ng@hotmail.com
Regina Coeli Ruschel
Unicamp| Campinas| Brasil | ruschel@unicamp.br

Resumo

As ferramentas atuais de gestão que usam métricas precisam introduzir mudanças para usufruir os benefícios do BIM. Desta forma, faz-se os seguintes questionamentos: Quais métricas se aplicam ou fazem uso da informação no contexto do BIM? Qual o grau de suporte que a modelagem da informação da construção dá às métricas? O objetivo desta pesquisa é caracterizar o universo de métricas da indústria de AEC e o potencial de mediação por BIM associado. Como resultado foi elaborado um modelo caracterizante da métrica no contexto de BIM e que permite a elaboração e adaptação de novas métricas ao contexto de BIM.

Palavras-chave: BIM. Modelagem da Informação da Construção. Métricas. Indicadores. Modelo estruturante de métrica BIM.

Abstract

Current management tools that use metrics need to introduce changes to enjoy the benefits of BIM. Thus, the following questions are posed: Which metrics apply or make use of information in the context of BIM? How well does building information modelling support metrics? The objective of this research is to characterize the universe of metrics in the AEC industry and the associated potential for mediation by BIM. As a result, a model characterizing metrics in the BIM context and enabling the development and adaptation of new metrics to the BIM context has been developed.

Keywords: BIM. Building Information Modeling. Metrics. Indicators. Structuring model of BIM metric.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento de projetos é considerado o principal ato do gestor. Gerenciar envolve planejar, monitorar e controlar todos os aspectos de um projeto, a fim de alcançar os objetivos dentro dos critérios de tempo, custo e desempenho [1]. Ao observar questões resultantes das atividades e processos envolvendo pessoas e objetos, a métrica é o item responsável por dar suporte à tomada de decisão. Segundo

ONÇALVES, L. de S.; RUSCHEL, R. C. . Estrutura conceitual de métricas BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2144

Kerzner [2], as métricas fornecem aos gerentes de projetos oportunidades para melhorias contínuas nos processos de gerenciamento. As métricas são processos de mensuração por meio de observações, quantitativas ou qualitativas, ou do julgamento humano. Existem vários tipos de métricas, resumindo-se naquelas que geram indicadores de resultados (RIs) ou indicadores-chave de desempenho (KPIs).

No contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM) observam-se métricas de duas categorias: para mensurar a adoção do BIM, denominadas métricas de maturidade BIM, e métricas para mensurar os benefícios do BIM [3]. Estas métricas podem ser aplicadas em variados escopos: regional, organizacional ou em empreendimentos. As métricas de benefícios BIM podem ser classificadas nas categorias de: redução de tempo, custo, material, risco ou ganhos em qualidade, segurança e reputação [4]. As métricas de benefícios BIM se confundem com métricas de gerenciamento de projetos, visto que enfatizam a aplicação do BIM para mensurar benefícios.

Assim, para se compreender a elaboração das métricas de benefícios BIM dentro de sistemas de mensuração para a tomada de decisão é necessário responder a algumas questões. Neste artigo abordamos a seguinte questão, qual o grau de suporte, direto ou indireto, que o BIM provê às métricas de projeto?

O objetivo desta pesquisa é caracterizar o universo de métricas de projeto e construção e o potencial de mediação por BIM a elas associado. Por potencial de mediação associado entende-se a relação, passível de ser desenvolvida, entre uma métrica e recursos do BIM para suprir a mensuração. Neste contexto desenvolveram-se os seguintes objetivos específicos:

1. Decompor as métricas de projeto existentes que já incorporam BIM segundo os elementos estruturais de descrição das métricas;
2. Relacionar a fórmula de cálculo das métricas com recursos da Modelagem da Informação da Construção. Desenvolver um modelo diagramático com as relações entre elementos das métricas e propósitos do BIM; e
3. Identificar o potencial de mediação do BIM para uma métrica.

MÉTODO

Considerando a necessidade de ampliação do conhecimento das métricas existentes e sua mediação por BIM e tendo por base o objetivo da pesquisa, foi adotado para os procedimentos metodológicos o método estruturalista. O estruturalismo oferece uma abordagem metodológica para descrever cientificamente e caracterizar estruturas. Segundo Thiry-Cherques [5], o método estruturalista dentro de uma organização leva a uma teorização concreta. O método estruturalista gera um modelo construído a partir dos elementos do universo específico concreto. O modelo representa de forma abstrata uma teoria sobre o comportamento de elementos deste universo concreto, servindo para realizar uma ligação entre o concreto e o inteligível [6].

Embora a priori o estruturalismo como método tenha sido utilizado na área de ciências sociais, Thiry-Cheques [5] o adaptou para pesquisas em ciência de gestão. O método estruturalista parte da identificação do fenômeno, da decomposição do fenômeno em partes menores e de seu estudo e conceituação em elementos distintos [7]. Os elementos são estudados quanto à relação que possuem um com outro dando base para a elaboração do modelo. Por fim, o modelo é analisado estruturalmente sendo interpretado por sua aplicação ou análise [5].

Considerando o propósito do método estruturalista, buscou-se aplicá-lo para entender a estrutura de métricas utilizada no contexto do BIM. O delineamento de Thiry-Cheques [5] foi incorporado nesta pesquisa conforme o Quadro 1. O universo de estudo, representando o fenômeno concreto, é o resultado do Mapeamento Sistemático da Literatura sobre métricas existentes que incorporam BIM realizado em Gonçalves e Ruschel [8], representando a etapa de observação e ponto de partida deste estudo.

Quadro 1: Delineamento da pesquisa

Delineamento adotado para o Método Estruturalista	**Instrumento ou procedimento de realização**	**Resultado**
OBSERVAÇÃO	Mapeamento sistemático da literatura sobre métricas existentes que incorporam BIM [8]	Métricas de projeto ou benefícios do BIM
DECOMPOSIÇÃO	Análise da estrutura da métrica mediada por BIM com a identificação dos elementos que as compõem	Elementos das métricas BIM existentes
CONCEITUAÇÃO	Conceituação, definição e elaboração do conjunto de relações entre os elementos da métrica	Matriz dos elementos das métricas: definição dos elementos
ELABORAÇÃO DO MODELO	Passo de Thiry-Cherques [5] para a elaboração de modelo: Elaboração do modelo sob a perspectiva unificante de aplicabilidade de mediação por BIM	Resumo do diagrama de analogias: Modelo da estrutura da métrica de projeto ou benefícios do BIM
ANÁLISE INTERPRETATIVA	Caracterização da métrica e determinação de seu potencial de mediação com base no modelo da estrutura	Identificação do esforço potencial para incorporar a métrica na abordagem BIM. Modelo experimentado e potencial de mediação identificado

Fonte: os autores.

RESULTADO

O resultado da **etapa de observação** e portanto, universo de estudo, é apresentado no Quadro 2. As categorias de métricas de projeto ou de benefícios do BIM seguem o proposto pela BIM Level 2 BIM Benefits Mesuramente Methodology [4].

Quadro 2: Amostra das métricas analisadas

Categorias	Referência
Redução de tempo	Choi et al. [9]; Kim et al. [10]; Lee e Walter [11]; Liu et al. [12]; Suermann e Issa [13]; Yarmohammadi et al. [14]; Zhang et al. [15]
Economia de material	Liu et al. [12]
Custos	Abdirad [16]; Choi et al. [9]; Francom e El Asmar [17]; Kim et al. [10]; Wang et al. [18]; Won et al. [19]
Melhorias em H&S	Cecconi et al. [20]
Redução de riscos	Lipman et al. [21]
Melhoria da utilização dos ativos	Choi et al. [9]; Lee e Walter [11]; Won et al. [19]; Yang e Ergan [22]
Melhoria da qualidade dos ativos	Atazadeh et al. [23]; Cecconi et al. [20]; Cerovsek [24]; Dong et al. [25]; Francom e El Asmar [17]; Laefer e Truong-hong [26]; Lipman et al. [21]; Liu et al. [12]; Mahamadu et al. [27]; Succar et al. [28]; Yarmohammadi et al. [14]
Melhoria da reputação	Cecconi et al. [20]; Mahamadu et al. [27]; Succar et al. [28]

Fonte:os autores.

Na **etapa de Decomposição,** a partir da leitura dos artigos do Quadro 2, adotou-se como mecanismo de identificação de um elemento de métrica de projeto ou benefícios do BIM o padrão de repetição. Assim, um elemento identificado no texto da métrica encontrado num artigo n° X, é confirmado em virtude de sua identificação na estrutura de métricas anteriormente analisadas e ao reconhecimento da relevância do mesmo em outros artigos. Este exercício foi repetido até alcançar um certo grau de saturação do padrão, em que a análise de mais métricas não impactava significativamente o conjunto de elementos encontrados, mas os confirmavam. Os atributos foram classificados de acordo com a natureza interpretativa do texto, em: encontrado no texto, interpretado do texto, não informado (sem interpretação possível) ou nada a declarar para os casos não analisados.

Os elementos encontrados na decomposição foram hierarquizados quanto a frequência (G) e o grau de densidade (D) encontrados nos artigos. A frequência se refere a quantidade de vezes que o elemento aparece por artigo e, a densidade se refere a quantidade de relações que 1 elemento tem com os demais (Quadro 3).

Para a **etapa de conceituação** os elementos identificados anteriormente foram estudados como conceitos. Os conceitos, como concepções, são fundamentados em outros conceitos. Para não incorrer numa análise sem fim, os elementos foram conceituados com base em sua natureza, obtidos das variações encontradas nos textos analisados e com uma definição geral obtida da convergência entre as variações. Fontes externas foram utilizadas para facilitar a compreensão dos elementos, e foram selecionados os elementos essenciais com base no grau de densidade e frequência, resultando no Quadro 4.

Quadro 3: Elementos encontrados na decomposição das métricas

Elemento	Frequência (G)	Pontuação	Densidade (D)
Nome	19	8.11	3
Dado BIM	18	7.68	15
Definição	16	7.63	3
Função da métrica	19	7.44	7
Unidade	16	6.72	4
Fórmula de cálculo	17	6.25	5
Métricas dentro de um sistema	18	6.20	3
Modelo do processo	14	5.20	4
Uso do BIM	17	5.15	8
Benefícios dos usos	17	5.15	4
Forma de apresentação	14	4.86	4
Requisitos	15	4.58	10
Ciclo de vida do empreendimento/Fase de Uso	12	04.05	6
Marco de referência (limites aceitáveis)	12	3.43	5
Ranking (pesos)	11	03.05	3
LOD - nível de desenvolvimento	11	2.81	7
Categorias de métricas BIM	12	2.81	5
Disciplina	7	2.10	4
Timing	9	2.00	4
Dimensões BIM (4D 5D...)	6	1.67	3
Stakeholder	3	1.53	12
ID - IFC GUID	4	0.67	2
Entregáveis	2	0.57	4
Responsável	1	0.33	4

Fonte: Gonçalves [29]

Foram identificados dois tipos de elementos, os funcionais e os contextuais. Os funcionais são os elementos que influenciam diretamente no resultado e composição do indicador da métrica (Dado BIM, Fórmula de cálculo, Função da métrica) e os contextuais, são os elementos responsáveis por contextualizar ou dar significado à mensuração em seu contexto de obtenção (Uso do BIM, Benefícios dos usos, Ciclo de vida/Fase) (Quadro 4).

Quadro 4: Elementos essenciais conceitos

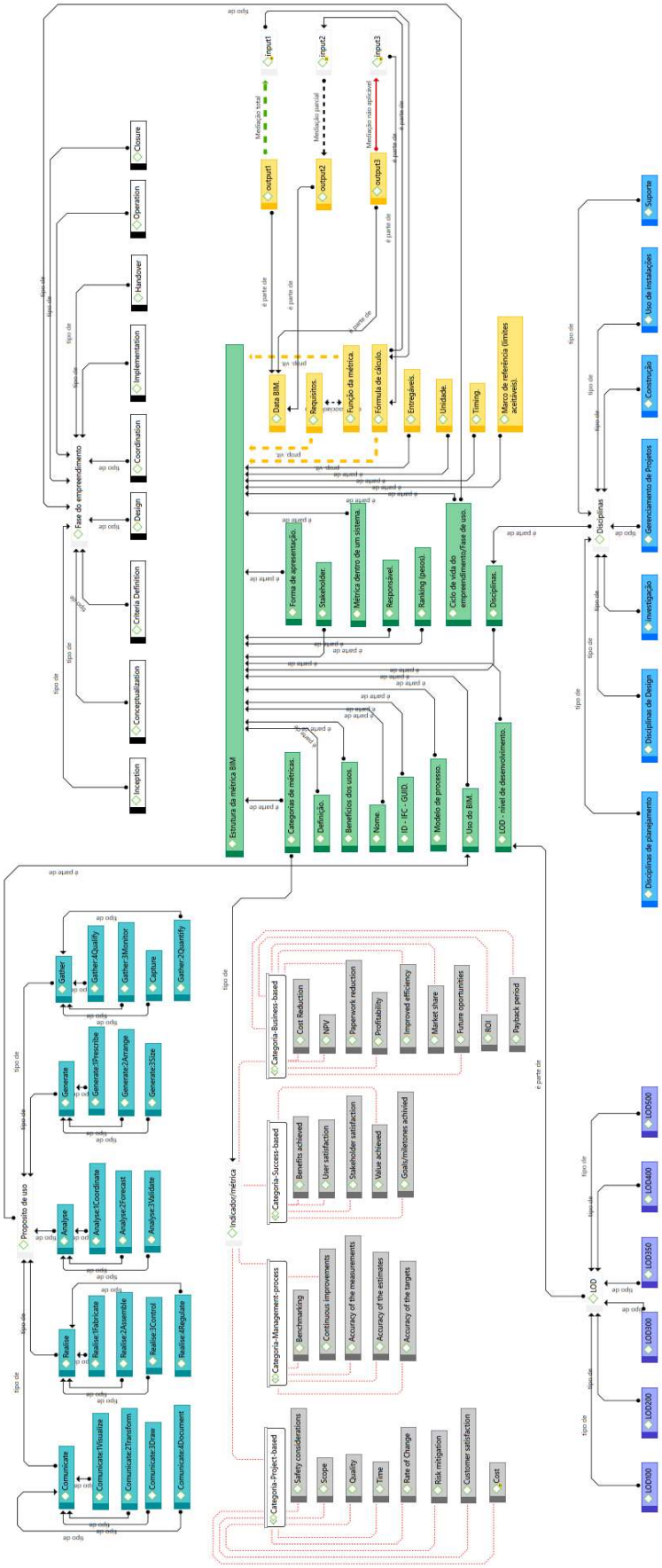
Elemento	Conceito
Função da métrica	Avaliar, medir, determinar os critérios estabelecidos pelas partes interessadas. Expressa a ordem de grandeza do atributo.
Requisito	Requisito é o atributo especificado. Característica do elemento, objeto, fenômeno ao qual é definido, exigido ou acordado.
Dado BIM	Dado é o registro do atributo, de um objeto ou fenômeno [30]. Neste caso o Dado BIM é um registro de um atributo contido no modelo BIM.
Benefícios dos usos	Resultado positivo decorrente das ações, uso e aplicação do BIM.
LOX	É declarado o nível de informações que há no modelo, objetos. O LOD manifesta os níveis de informação, expressa a quantidade e qualidade de "I" que o BIM possui.
Uso do BIM	Método de aplicação da modelagem da informação da construção durante o ciclo de vida da instalação para alcançar um ou mais objetivos específicos" [31].
Fórmula de cálculo	Conjunto de procedimentos matemáticos para a composição da grandeza final de mensuração, ao qual postula na relação entre quantidades.
Fases de uso	Etapas do desenvolvimento do empreendimento.
Stakeholder	"Um indivíduo, grupo ou organização que possa afetar, ser afetado, ou sentir-se afetado por uma decisão, atividade, ou resultado de um projeto, programa ou portfólio" [32].

Fonte: Gonçalves [29].

A **etapa de elaboração** do modelo realizou-se a partir da lista geral de elementos identificados nas métricas BIM e dos relacionamentos entre os elementos. Para a representação do modelo foi definida a forma gráfica de diagrama onde os nós são os elementos da métrica e as hastes as correlações (associações simétricas e assimétricas). Dois modelos foram criados, um geral com todos os elementos identificados (Figura 1) e outro reduzido com os elementos essenciais às métricas mediadas por BIM (Figura 2).

Sobre a descrição dos elementos essenciais da métrica mediada por BIM, buscou-se agrupar os elementos para responder às questões: O que será feito? Quando será feito? Por que será feito? Quem o fará? Como será feito? (Figura 2). Essas questões estão intrinsecamente ligadas aos elementos do BIM, não apenas em questões quantitativas às informações semânticas armazenadas no modelo, ou à base de dados tecnológica e softwares BIM. As questões abrangem aos processos (O que? Como?), aos envolvidos como proprietários, operadores, componentes (Quem? Quando?) e às políticas, melhores práticas, regulações BIM (Por quê?).

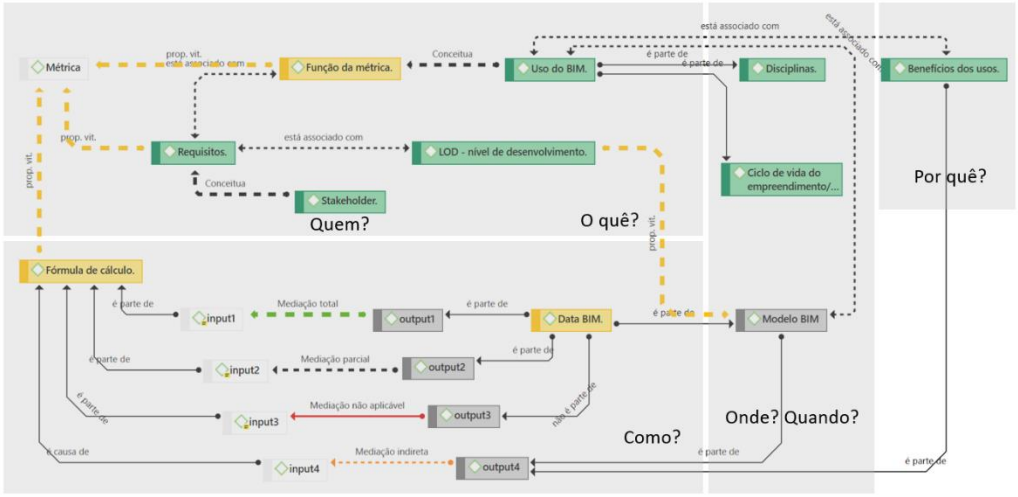
Figura 1: Elementos do modelo e suas possíveis instanciações



Fonte: Gonçalves [29].

O modelo reduzido da métrica possui um fluxo de informação que passa (impulsionada pelos benefícios dos usos do BIM) pelos Stakeholders que definem os usos do BIM e por consequência as disciplinas e fases do ciclo de vida. Em sequência o elemento função da métrica se liga ao uso do BIM para avaliar, medir, determinar o atendimento aos requisitos definidos pelos Stakeholders. Tais requisitos associados ao nível de informação que há no modelo BIM (LOD) dão base para o cálculo da métrica em questão pela fórmula, que obtém suas entradas (inputs) através do elemento Dado BIM (Figura 2).

Figura 2: Modelo de caracterização da métrica mediada por BIM



Fonte: Gonçalves [29]

Quanto ao suporte que os dados do modelo BIM provêm as métricas de projeto e benefícios do BIM observou-se quatro potenciais de mediação (Figura 2):

- Mediação Total significa que todas as informações contidas nas propriedades das métricas são supridas pela composição do modelo BIM;

- A Mediação Parcial significa que apenas partes das propriedades das métricas ou das informações são supridas pela composição do modelo BIM.

- Mediação Indireta significa que as propriedades das métricas ou das informações são supridas por inferência relativa aos impactos da utilização BIM.

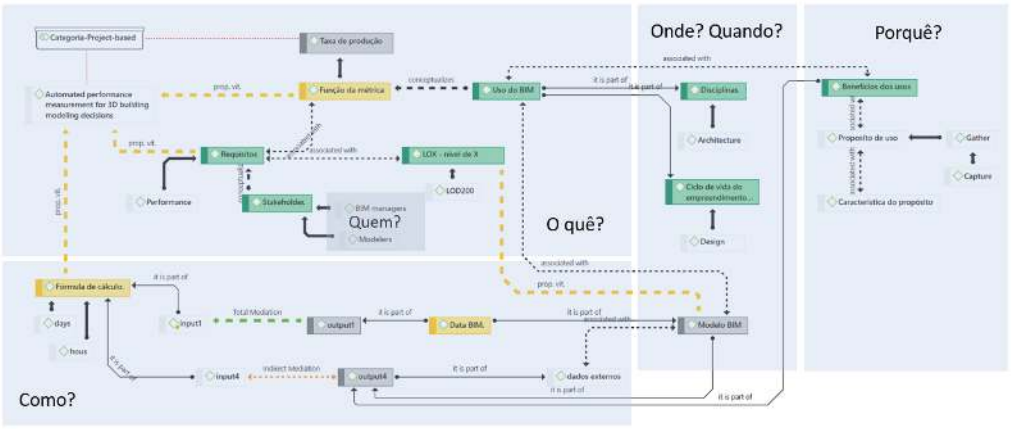
- Mediação Inexistente, significa que nenhuma propriedade ou informação requisitada pela métrica seria mediada por BIM, pois a métrica utiliza como fonte para sua composição uma base de dados diferente da que o modelo BIM contempla.

Para **análise interpretativa,** etapa que consiste em experimentar o modelo desenvolvido, optou-se em aplicá-lo a métrica existente avaliando o potencial de mediação da métrica por BIM. O modelo caracterizante da métrica foi estruturado na aplicação de Yarmohammadi [14] (Figura 3) uma métrica de Redução de Tempo. Com o modelo observou-se que a métrica é da categoria PROJECT-BASED buscando determinar a TAXA DE PRODUÇÃO. O uso do modelo por meio de seus propósitos resulta em benefícios de REDUÇÃO DE TEMPO na modelagem de PROJETO na disciplina de ARQUITETURA. Os requisitos são de DESEMPENHO. O LOX é de LOD200.

O ciclo de vida é DESIGN. Os agentes envolvidos são BIM MANAGERS e MODELATORS. A fórmula de cálculo envolve DIAS, HORAS DE MODELAGEM e PAREDES MODELADAS. O recurso utilizado é a extração de quantitativos. O Modelo BIM fornece a quantidade de paredes modeladas e aplicativos externos que monitoram o uso da ferramenta de modelagem fornecem o responsável pela modelagem e o tempo de modelagem. Desta forma, recursos do BIM mediam totalmente direta e indiretamente a métrica.

A aplicação do modelo na métrica foi importante para compreender os elementos que a constituem e como o BIM media a composição da métrica em termos funcionais e de contexto, resumindo-se na estrutura aplicada da Figura 3.

Figura 3: Modelo de caracterização da métrica mediada por BIM



Fonte: Gonçalves [29]

CONCLUSÃO

A aplicação da pesquisa estruturalista nas métricas de projeto e benefícios do BIM, permite conceituar a métrica mediada por BIM, definindo quais os elementos que constituem este tipo de métrica. Permite também, explicitar os elementos essenciais da métrica mediada por BIM (Figura 2), conceituando-os e formalizando como os elementos interagem entre si. O modelo desenvolvido é composto do sistema geral de elementos de uma métrica, sendo encontrados 24 elementos constituintes. De forma geral, os elementos da estrutura de uma métrica mediada por BIM respondem às questões: O que será feito? Quando será feito? Por que será feito? Quem o fará? Como será feito?

O “Por quê?” da métrica descreve os elementos que impulsionam o uso do BIM e da métrica, como os elementos “Stakeholder” e “Benefícios dos usos”. O “Quem?” abarca a série de sujeitos que possuem influência na atividade, os agentes das ações, responsabilidades, subordinações, as partes envolvidas, o “Stakeholder”. No “O que?” a “Função da métrica”, “Requisito”, “LOX”, e o “Uso do BIM”, subsidiam a função que a métrica desempenhará, sendo uma medição com base no Uso do BIM especificado pelo nível de desenvolvimento que o modelo terá em função do Uso arbitrado. O “Quando?” explana o momento da aplicação da métrica, “Ciclo de vida do empreendimento” ou “disciplina” envolvida. O “Como?” engloba maior parte dos

elementos funcionais necessários para a mensuração, com as entradas (“Dado BIM”) e saídas ao realizar o “Cálculo da fórmula”.

Quando o método estruturalista é aplicado sobre uma métrica existente e a métrica é caracterizada segundo o modelo estrutural proposto, é possível identificar o tipo de intermediação do BIM na métrica. A identificação é realizada observando-se a relação entre fórmula de cálculo e modelo BIM, por meio das associações de mediação total, parcial, indireta ou inexistente.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES, Processo no. 88887.480080/2020-00).

REFERÊNCIAS

[1] LESTER, A. Project Management, Planning and Control: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. 7° ed. Cambridge: Butterworth-Heinemann, 2017.

[2] KERZNER, H. Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance. 2º ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.

[3] KASSEM M, LI J, KUMAR B, MALLESON A, GIBBS D, KELLY G et al. Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement. 184 p. 2020.

[4] PWC. BIM Level 2 Benefits Measurement. Report, London, 2018.

[5] THIRY-CHERQUES, H. R. Métodos Estruturalistas: Pesquisa em ciências de gestão. 1° ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

[6] ESCOBAR, C. H. O Método Estruturalista. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1967.

[7] CASTRO, N. Sistemas, Estructuras y Desarrollos. 1o ed. Panamá: Instituto de Estudios Nacionales, 2000.

[8] GONÇALVES, L. DE S.; RUSCHEL, R. C. Métricas no contexto de BIM: Mapeamento sistemático da literatura. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Anais... . p.10, 2019. Campinas: Antac. Disponível em: <https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/223>.

[9] CHOI, J.; LEITE, F.; DE OLIVEIRA, D. P. BIM-based benchmarking system for healthcare projects: Feasibility study and functional requirements. Automation in Construction, v. 96, n. August, p. 262–279, 2018. PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS: ELSEVIER SCIENCE BV.

[10] KIM, J. I.; KIM, J.; FISCHER, M.; ORR, R. BIM-based decision-support method for master planning of sustainable large-scale developments. Automation in Construction, v. 58, p. 95–108, 2015. Elsevier B.V.

[11] LEE, G.; WALTER, J. Parallel vs . Sequential Cascading MEP Coordination Strategies : A Pharmaceutical Building Case Study. Automation in Construction, v. 43, p. 170–179, 2014. Elsevier B.V.

[12] LIU, R.; DU, J.; ISSA, R. R. A.; GIEL, B. BIM Cloud Score: Building Information Model and Modeling Performance Benchmarking. Journal of Construction Engineering and Management, v. 143, n. 4, 2017. 1801 ALEXANDER BELL DR, RESTON, VA 20191-4400 USA: ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS.

[13] SUERMANN, P. C.; ISSA, R. R. A. Evaluating industry perceptions of building information modeling (BIM) impact on construction. Electronic Journal of Information Technology in Construction, v. 14, p. 574–594, 2009.

[14] YARMOHAMMADI, S.; ASHURI, B.; COORDINATION, D.; MANAGEMENT, P.; RATE, P. Exploring the approaches in the implementation of BIM-Based MEP Coordination in the USA. Journal of Information Technology in Construction, v. 20, n. January, p. 347–363, 2015.

[15] ZHANG, L.; WEN, M.; ASHURI, B. BIM Log Mining: Measuring Design Productivity. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 32, n. 1, 2018. 1801 ALEXANDER BELL DR, RESTON, VA 20191-4400 USA: ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS.

[16] ABDIRAD, H. Metric-based BIM implementation assessment: a review of research and practice research and practice. Architectural Engineering and Design Management, v. 13, n. 1, p. 52–78, 2017.

[17] FRANCOM, T. C.; EL ASMAR, M. Project Quality and Change Performance Differences Associated with the Use of Building Information Modeling in Design and Construction Projects: Univariate and Multivariate Analyses. Journal of Construction Engineering and Management, v. 141, n. 9, p. 9, 2015. 1801 ALEXANDER BELL DR, RESTON, VA 20191-4400 USA: ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS.

[18] WANG, T.; KRIJNEN, T.; VRIES, B. D. E. Combining GIS and BIM for facility reuse: A profiling approach. Research In Urbanism Series, v. 4, p. 185–204, 2016.

[19] WON, J.; LEE, G.; DOSSICK, C.; MESSNER, J. Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization. Journal of Construction Engineering and Management, v. 139, n. 11, 2013. 1801 ALEXANDER BELL DR, RESTON, VA 20191-4400 USA: ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS.

[20] CECCONI, F. R.; MORETTI, N.; MALTESE, S.; et al. A rating system for building resilience. Techne: Journal of Technology for Architecture & Environment, v. 15, n. July, p. 358–365, 2018.

[21] LIPMAN, R.; PALMER, M.; PALACIOS, S. Assessment of conformance and interoperability testing methods used for construction industry product models. Automation in Construction, v. 20, n. 4, p. 418–428, 2011. Elsevier B.V.

[22] YANG, X.; ERGAN, S. Design and Evaluation of an Integrated Visualization Platform to Support Corrective Maintenance of HVAC Problem-Related Work Orders. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 30, n. 3, 2016. 1801 ALEXANDER BELL DR, RESTON, VA 20191-4400 USA: ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS.

[23] ATAZADEH, B.; RAJABIFARD, A.; KALANTARI, M. Assessing Performance of Three BIM-Based Views of Buildings for Communication and Management of Vertically Stratified Legal Interests. ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION, v. 6, n. 7, p. 22, 2017. ST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND: MDPI AG.

[24] CEROVSEK, T. A review and outlook for a “Building Information Model” (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. Advanced Engineering Informatics, v. 25, n. 2, p. 224–244, 2011.

[25] DONG, Z.; YANG, B.; HU, P.; SCHERER, S. An efficient global energy optimization approach for robust 3D plane segmentation of point clouds. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 137, p. 112–133, 2018. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Inc. (ISPRS).

[26] LAEFER, D. F.; TRUONG-HONG, L. Toward automatic generation of 3D steel structures for building information modelling. Automation in Construction, v. 74, p. 66–77, 2017. Elsevier B.V.

[27] MAHAMADU, A.; MAHDJOUBI, L.; BOOTH, C. A. Critical BIM qualification criteria for construction pre-qualification and selection. Architectural Engineering and Design Management, v. 13, n. 5, p. 326–343, 2017.

[28] SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: Five metrics. Architectural Engineering and Design Management, v. 8, n. 2, p. 120–142, 2012.

[29] GONÇALVES, Lucas de Santana. Modelo estruturante para métricas BIM. 2020. 1 recurso online (202 p.) Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: https://hdl.handle.net/20.500.12733/1638908. Acesso em: 13 ago. 2022.

[30] GOMES; PIMENTA; SCHNEIDER. Data Mining in Information Science Research: Challenges And Opportunities. Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB 2019) - A ciência da Informação e a era da Ciência de Dados. Anais... . p.20, 2019. Florianópolis.

[31] KREIDER, R.; MESSNER, J. The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. Pensilvânia: Penn State, 2013.

[32] PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)/Project Management Institute. 6º ed. Pensilvânia: Project Management Institute, 2017.