Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

[1] COBIE COMO FERRAMENTA AUXILIAR DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NO CONTEXTO DA GESTÃO DE *FACILITIES*: STATUS DE IMPLEMENTAÇÃO, DIFICULDADES ENCONTRADAS E ÚLTIMAS PESQUISAS DESENVOLVIDAS

COBie as an auxiliary tool for information flow in the context of facilities management: implementation status, difficulties encountered, and latest research developed

Ismael Weber
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, AL | ismael.weber@ctec.ufal.br

Adriana de Oliveira Santos Weber
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, AL | adrianaos@ctec.ufal.br

Eduardo Luis Isatto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | isatto@ufrgs.br

RESUMO

A troca de informações no contexto da gestão de *facilities* é de imprescindível importância para a correta operação dos empreendimentos. Por envolver uma ampla série de serviços associados, com diferentes intervenientes, desde a etapa de projeto, passando pela fase de construção e finalizando na etapa de uso, gera-se considerável quantidade de informações. Faz-se necessário, portanto, que estes dados estejam armazenados de maneira apropriada, sendo de fácil e rápida consulta pelos gestores do empreendimento. Assim surge, dentro do contexto das representações digitais BIM, o COBie, considerada ferramenta eficaz para estas tarefas. Entretanto, embora o conceito associado ao COBie não seja novo, ele ainda não é plenamente aplicável na prática. Dessa maneira, este artigo visa, através de um mapeamento sistemático de literatura (MSL), identificar como o fluxo de informações ocorre neste contexto, quais são as dificuldades encontradas e quais as pesquisas mais recentes desenvolvidas. Como resultados, destaca-se a tentativa do uso de elementos visuais para a gestão de dados, o melhor gerenciamento das informações contidas nas planilhas de dados e, por fim, na melhoria do fluxo de informações entre os diferentes intervenientes.

Palavras-chave: Fluxo de informações; Gestão de *facilities*; COBie.

ABSTRACT

The exchange of information in the context of facilities management is of paramount importance for the proper operation of enterprises. As it involves a wide range of associated services, with different stakeholders, from the design stage, through the construction stage, and ending in the use stage, a considerable amount of information is generated. It is therefore necessary that this data is stored appropriately and easily and quickly accessible by enterprise managers. Thus, within the context of BIM digital representations, COBie emerges as an effective tool for these tasks. However, although the concept associated with COBie is not new, it is still not fully applicable in practice. This article aims, through a systematic literature mapping (SLM), to identify how the flow of information occurs in this context, what difficulties are encountered, and what are the most recent research developments. As results, attempts to use visual elements for data management, better management of information contained in data sheets, and, finally, improving the flow of information among different stakeholders are highlighted.

Keywords: Information flow; Facilities management; COBie.

1 O FLUXO DE INFORMAÇÕES NA GESTÃO DE *FACILITIES*

A Gestão de Facilites (FM - *Facilities Management*) pode ser definida como um processo integrado, dentro de uma organização, englobando múltiplas disciplinas para garantir a funcionalidade, o conforto, a segurança e a eficiência do ambiente construído, a partir da integração de pessoas, lugares, processos e tecnologias (INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION, 2007). Para Atkin e Brooks (2009), o desafio-chave para as equipes de FM é ter acesso a informações precisas e abrangentes em tempo real para realizar as suas atividades e fornecer informações precisas para a tomada de decisões.

[1]WEBER, I; WEBER, A. O. S; ISATTO, E. L. COBie como ferramenta auxiliar do fluxo de informações no contexto da gestão de *facilities*: *status* de implementação, dificuldades encontradas e últimas pesquisas desenvolvidas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023

O *Building Information Modeling* (BIM), por outro lado, tem proporcionado uma grande colaboração entre os diferentes intervenientes durante as fases de concepção e construção de uma edificação, a partir da utilização de um modelo unificado (KUMAR; TEO, 2021). Contudo, a maioria dos dados gerados durante estas fases permanecem subutilizados durante a fase de FM (CODINHOTO *et al*., 2013). Segundo Kasprzak e Dubler (2012), para que haja uma integração bem-sucedida do BIM nesta fase, a qualidade dos dados é fundamental.

Neste sentido, algumas normas que apoiam a gestão de dados foram elaboradas, fornecendo especificações para a troca de informações na fase operacional das instalações que utilizam BIM. Segundo Khosrowshahi (2017), no Reino Unido, destaca-se o *British Standard* BS1192, caracterizado como sendo um código de prática para a produção colaborativa de informações de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Foi desenvolvida, também, uma versão PAS (*Publicly Available Specifications*) - mais especificamente a PAS 1192-2:2013 - para as fases de concepção e entrega de projetos, a fim de dar suporte às exigências do governo britânico em relação aos contratos do setor público. Dentre outras, merece destaque a quarta parte do BS1194, que diz respeito a produção colaborativa de informação e especifica os requisitos de troca de informações a partir do emprego do *Construction Operation Building Information Exchange* (COBie).

O COBie foi introduzido para auxiliar na entrega física dos empreendimentos. De maneira simplificada, ele fornece dados de ativos (em formato de planilhas). Também pode ser utilizado como ferramenta de transferência de dados de ativos para a gestão de instalações, objetivando o gerenciamento da fase operacional (BARNES; DAVIES, 2014).

O COBie aborda duas importantes questões na gestão de ativos: a perda de dados dispersos durante as transições de uma fase para outra do empreendimento e o custo associado à perda ou indisponibilidade de dados (por exemplo: manutenção ineficiente) (EAST, 2007). Com o COBie, os *stakeholders* recolhem, organizam e trocam, de forma incremental, dados espaciais e dos equipamentos inclusos no seu âmbito de trabalho para posterior entrega aos proprietários dos ativos. Dessa maneira, o principal objetivo do COBie é minimizar os esforços redundantes e independentes de coleta de dados que os participantes do projeto, especialmente os proprietários, têm dentro de suas rotinas (EAST, 2007).

A especificação COBie não define uma nova tecnologia para o intercâmbio de dados. Ela utiliza as tecnologias existentes e as aplica ao processo durante a entrega do ativo (SCHWABE *et al*. 2018). As tecnologias correspondentes são formatos de intercâmbio aberto (IFC – *Industry Foundation Classes*) e subconjuntos de dados IFC (MVD – *Model View Definitions*). Como a especificação COBie foi projetada para ser interoperável, ela pode ser realizada utilizando-se diferentes formatos de arquivo, como IFC, XML ou SpreadsheetML, que pode ser interpretado por um software comum de planilha eletrônica: por exemplo, o Microsoft Excel (WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE, 2016).

A implementação do COBie ainda é fraturada, pouco coordenada e pouco frequente (MARADZA *et al*., 2013) e a maioria dos proprietários (ao menos nos EUA e no Reino Unido), não adotaram o COBie por estas razões - exceto quando exigido pelos governos (EADIE *et al*., 2013). Os críticos argumentam que o COBie não satisfaz todos os requisitos de informação para gestão de *facilities* e há uma limitação técnica na personalização dos conjuntos de propriedade COBie (PATACAS *et al*., 2015). Muitas equipes de projeto ainda questionam a eficiência dos processos e tecnologias recomendadas para popularizar e trocar dados COBie (CAVKA *et al*., 2017). Além disso, os proprietários das instalações expressam reservas quanto ao valor de um conjunto de dados "congelados" retirados de suas fontes de dados e entregues sem conhecimento tácito de ativos potencialmente importantes (LINDKVIST; WHYTE, 2013).

Por outro lado, argumenta-se que os proprietários não articulam suas exigências em relação ao COBie de forma eficaz, ignorando sua personalização (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2015). Os proprietários dos ativos, muitas vezes, não identificam de maneira precisa suas necessidades de dados e não exigem COBie de todas as partes no início de seus contratos (ABDIRAD e CARRIE, 2019). Consequentemente, as equipes de projeto não fornecem informações totalmente confiáveis (LAVY e JAWADEKAR, 2014).

O desenvolvimento de um protocolo específico e condução de um MSL permite responder à seguinte questão de pesquisa: “Quais trabalhos foram realizados, nos últimos anos, utilizando como parâmetro de busca o termo COBie e que estão disponíveis na plataforma de periódicos da CAPES?”.

Dessa maneira, a partir do exposto, tem-se como objetivo desta pesquisa, realizada a partir de um mapeamento sistemático de literatura (MSL): apresentar o status de implementação, dificuldades encontradas e últimas pesquisas desenvolvidas sobre o fluxo de informações, no contexto da gestão de *facilities*, mais especificamente focado no uso de COBie.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Kitchenham et al. (2007), o MSL é um método voltado para o levantamento e interpretação de uma base de dados com o intuito de responder à determinado questionamento de pesquisa ou tema de interesse. Para Kitchenham (2004), o MSL é, portanto, uma forma de identificar, avaliar e interpretar pesquisas disponíveis relevantes para uma questão de pesquisa particular. Umas das razões para a realização de revisões sistemáticas e sistematizadas é que estas resumem as evidências existentes em relação a um determinado fenômeno, seja qual for a área de conhecimento.

Para esta pesquisa, o planejamento do MSL foi estruturado por meio de 3 etapas sucessivas:

- extração de artigos que abordam o tema COBie na gestão de *facilities*;
- estabelecimento do recorte temporal dos artigos analisados; e
- identificação e análise dos trabalhos mais representativos relacionados ao tema ao longo dos últimos anos.

O MSL, nesta pesquisa, foi realizado por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação –Capes/MEC. A extração e análise dos dados foi realizada durante o mês de dezembro de 2021.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de uma consulta inicial no portal de periódicos da CAPES/MEC sobre o tema COBie foram retornados 930 (novecentos e trinta) resultados. Objetivando-se reduzir esse número, restringiu-se a análise para os últimos 5 (cinco) anos - a partir de 2017. Assim, chegou-se a um número igual a 304 (trezentos e quatro) resultados. A quantidade ainda foi considerada excessiva para os propósitos deste artigo. Em função disso, optou-se por consultar os trabalhos a partir da busca avançada, considerando-se como parâmetros: a presença da palavra “COBie” no título do trabalho; materiais publicados nos últimos 5 (cinco) anos; e escritos em inglês. Dessa maneira, retornaram 44 (quarenta e quatro) resultados. Após leitura dos títulos e dos resumos, para exclusão dos trabalhos não aderentes ao tema, restaram 10 (dez) artigos, conforme disponibilizado no Quadro 1.

A partir dos trabalhos identificados no Quadro 01, e considerando-se apenas aqueles com melhor aderência após leitura inicial (sete do total de dez artigos), são apresentados seus objetivos e resultados:

3.1 Exploring the application of property graph model in visualizing COBie data

Segundo Kumar e Teo (2021a), o aspecto de usabilidade das planilhas originadas pelo COBie tem sido largamente negligenciado. Os usuários consideram difícil encontrar dados relevantes dentro do COBie, assim como a compreensão às dependências entre as informações. Este artigo é parte de um estudo de pesquisa mais abrangente que objetiva identificar as questões de usabilidade associadas ao COBie e propor soluções para lidar com elas. O artigo se propõe, então, a discutir os desafios associados ao aspecto de visualização do COBie, buscando uma solução para mitigá-los.

Kumar e Teo (2021a) concluem que o modelo gráfico elaborado pelos mesmos pode ser utilizado para representar as planilhas de dados COBie. Isto pode ajudar no armazenamento de dados de uma maneira interconectada visualmente. Além disso, a conversão e o armazenamento dos dados em um banco de dados apropriado ajuda a alcançar as informações diretamente, minimizando a necessidade de navegar entre múltiplas pastas de trabalho.

Quadro 1 – Artigos aderentes ao tema da pesquisa, segundo critérios adotados

Autores	Título	Local de Publicação	Ano
Kumar, V.; Teo, A. L. E.	Exploring the application of property graph model in visualizing COBie data	Journal of Facilities Management	2021
Kumar, V.; Teo, A. L. E.	Development of a rule-based system to enhance the data consistency and usability of COBie datasheets	Journal of Computational Design and Engineering	2021
Kumar, V.; Teo, A. L. E.	Conceptualizing "COBieEvaluator"A rule based system for tracking asset changes using COBie datasheets	Engineering, Construction and Architectural Management	2020
Kumar, V.; Teo, A. L. E.	Perceived benefits and issues associated with COBie datasheet handling in the construction industry	Facilities	2020
Lavy, S.; Saxena, N.; Dixit, M.	Effects of BIM and COBie database facility management on work order processing times: case study	Journal of Performance of Constructed Facilities	2019
Abdirad, H.; Dossick, C. S.	Normative and descriptive models for COBie implementation: discrepancies and limitations	Engineering, Construction and Architectural Management	2019
Yalcinkaya, M.; Singh, V.	Exploring the use of Gestalt's principles in improving the visualization, user experience and comprehension of COBie data extension	Engineering, Construction and Architectural Management	2019
Yalcinkaya, M.; Singh, V.	VisualCOBie for facilities management A BIM integrated, visual search and information COBie extension	Facilities	2019
Alnaggar, A.; Pitt, M.	Towards a conceptual framework to manage BIM/COBie asset data using a standard project management methodology	Journal of Facilities Management	2019
Florez, L.; Afsari, K.	Integrating Facility Management Information into Building Information Modelling using COBie: Current Status and Future Directions	35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction	2018

Fonte: dados da pesquisa.

3.2 Development of a rule-based system to enhance the data consistency and usability of COBie datasheets

Para a montagem de um banco de dados COBie eficiente, segundo Kumar e Teo (2021b), é fundamental a construção e a verificação de dados em todos os estágios de projeto e construção (*data drops*). No entanto, a verificação da consistência dos dados é difícil, pela complexa estrutura e representação de dados COBie. O artigo visa compreender os desafios associados à verificação das planilhas de dados COBie e ao processo de verificação da consistência das informações, especialmente durante os estágios de *data drops*. A partir disso, desenvolve-se uma solução para reduzir esses desafios.

O resultado do estudo da pesquisa se manifesta em um protótipo. A aplicação do protótipo desenvolvido, de acordo com os autores, pode ajudar na verificação da consistência do banco de dados COBie, durante os estágios de *data drops*. Além disso, o artigo propõe uma nova dimensão de utilização das planilhas COBie: para rastrear as mudanças relacionadas aos ativos de um empreendimento, comparando planilhas de dados COBie e visualizando estes dados a partir de um modelo gráfico (KUMAR; TEO, 2021b).

3.3 Conceptualizing "COBieEvaluator" A rule based system for tracking asset changes using COBie datasheets

Segundo Kumar e Teo (2020a), o uso e os fatores de usabilidade das planilhas de dados COBie permanecem, em grande parte, negligenciados. O *data drop*, como um conceito, apresenta dificuldades de adoção em função do longo processo de captura de dados confiáveis. Assim, o artigo objetiva procurar melhorar os aspectos de usabilidade do COBie, observando-se todo o processo de coleta de dados em conjuntura com o desenvolvimento do projeto e utilizando-o para entender as mudanças do projeto.

O trabalho ajuda a substanciar a necessidade de uma captura contínua de dados e mostra como esta captura pode ajudar no acompanhamento das mudanças de projeto e equipamentos dentro de um empreendimento.

O sistema proposto pelos autores também verifica a qualidade das informações contidas nas planilhas COBie, não apenas observando as entradas de valores das células, mas também observando toda conexão de informações (KUMAR; TEO, 2020a).

3.4 Normative and descriptive models for COBie implementation: discrepancies and limitations

O objetivo deste artigo, segundo Abdirad e Dossick (2019), é investigar as razões pelas quais o COBie não se tornou predominante na indústria da construção, apesar das diversas tentativas de promovê-lo.

Para os autores, a análise dos resultados encontrados demonstrou que a implementação do COBie pode ser desafiadora. No estudo de caso realizado, os autores identificaram que a implementação do COBie alterou a prática usual da troca de informações, uma vez que os requisitos de dados, as sequências e os cronogramas esperados das tarefas não estavam alinhados com as normas usuais das empresas para o intercâmbio de informações. Além disso, o modelo definido do COBie não pôde explicar a variabilidade das rotinas internas de troca dados das empresas participantes do estudo (ABDIRAD; DOSSICK, 2019).

3.5 Exploring the use of Gestalt's principles in improving the visualization, user experience and comprehension of COBie data extension

Para Yalcinkaya e Singh (2019a), os fatores de uso e usabilidade associados aos padrões da AEC permanecem negligenciados. Assim, o objetivo do artigo é discutir esta negligência, a partir do entendimento e aprimoramento dos aspectos de usabilidade do COBie e sua representação em planilhas de dados. Os autores salientam que o estudo e os fundamentos teóricos propostos para melhorar a usabilidade e a funcionalidade da representação das planilhas de dados COBie poderiam lançar as bases para uma abordagem visual de representação.

Os autores concluem que a indústria ainda sofre com o gerenciamento de informações ineficiente. A maioria das iniciativas tem se concentrado na utilização dos resultados de diferentes soluções de TI (em termos de precisão e completude dos dados definidos). Mesmo padrões considerados bem estabelecidos como COBie e soluções de TI correspondentes, não são meramente técnicos. É igualmente importante entender como os usuários finais os percebem e os processam cognitivamente. Assim, as soluções desenvolvidas precisam abordar o ponto de vista do usuário para facilitar a utilização mais ampla desses padrões na prática (YALCINKAYA; SINGH, 2019a).

3.6 Towards a conceptual framework to manage BIM/COBie asset data using a standard project management methodology

O objetivo deste artigo, segundo Alnaggar e Pitt (2019), é investigar uma metodologia sistemática para administrar o fluxo de dados de ativos entre os *stakeholders* ao longo do ciclo de vida do edifício, utilizando o padrão COBie.

Para Alnaggar e Pitt (2019), a falta de uma abordagem estruturada para gerenciar os dados COBie ao longo do ciclo de vida do empreendimento causa problemas e confusões sobre as funções e responsabilidades das diferentes partes interessadas na criação e gerenciamento de dados. Esta confusão resulta em dados COBie incompletos e de baixa qualidade na fase de entrega, o que dificulta a capacidade dos gerentes das instalações de utilizá-los de forma eficaz. A estrutura conceitual proposta, segundo os autores, fornece um processo de gerenciamento para sistematizar o fluxo de dados entre as partes interessadas.

3.7 Integrating Facility Management Information into Building Information Modelling using COBie: Current Status and Future Directions

A fim de auxiliar os proprietários a estender o suporte a informações durante o ciclo de vida do edifício, Florez e Afsari (2018) propõem um modelo processual para coleta das informações necessárias para o gerenciamento das instalações e, posteriormente, incorporá-las ao modelo BIM. Uma abordagem COBie é utilizada para capturar as informações essenciais para o apoio do gerenciamento das instalações. Ao obter

estes dados, os gestores são capazes de importar dados diretamente para os sistemas de gerenciamento de manutenção, apoiando as operações das instalações.

Florez e Afsari (2018) afirmam que, a partir da definição de uma estrutura de modelo de processo (gerada no estudo), é possível o seu auxílio na reunião de informações, trazendo mudanças significativas para o processo real de operações e atividades de manutenção das instalações. Assim, ela é útil por incluir no processo de integração informações exatamente como elas são criadas nas fases de projeto e construção.

3.8 Discussão

De acordo com a literatura, a implementação do COBie muitas vezes não é coordenada pelos diferentes *stakeholders* envolvidos no processo. Isso pode levar a lacunas de informação ou redundâncias, tornando a utilização do COBie menos eficaz. Além disso, muitas vezes há uma grande quantidade de informações geradas nas fases iniciais do empreendimento, mas nem todas são relevantes para a gestão de ativos. Isso pode levar a uma sobrecarga de dados, tornando difícil para os gestores identificar e utilizar os dados importantes. Por fim, há uma limitação técnica na personalização dos conjuntos de propriedade COBie. Isso pode dificultar a adaptação do COBie às necessidades específicas de cada empreendimento.

Para responder à pergunta de pesquisa deste trabalho e a partir dos artigos selecionados, algumas ponderações são elaboradas:

Em relação ao *status* de implementação, embora o COBie seja um padrão estabelecido para a troca de informações de construção e operação de edifícios desde 2007, ele ainda é muito pouco utilizado na indústria da construção. Por exemplo, Abdirad e Dossick (2019) destacam que a implementação do COBie pode ser desafiadora, especialmente devido à falta de alinhamento entre os requisitos de dados e as práticas usuais de troca de informações nas empresas.

Sobre os desafios e dificuldades encontradas, é possível destacar:

- usabilidade: os trabalhos ressaltam que a usabilidade das planilhas de dados COBie é frequentemente negligenciada, dificultando a localização de informações relevantes e a compreensão das dependências entre os dados;

- consistência de dados: a verificação da consistência dos dados COBie é uma tarefa complexa, devido à sua estrutura e representação. Isso pode levar a problemas de qualidade dos dados, especialmente durante os estágios de *data drops*;

- integração de informações: a integração das informações de gerenciamento de instalações nos modelos BIM usando o COBie ainda enfrenta obstáculos. A falta de uma abordagem estruturada para gerenciar os dados COBie ao longo do ciclo de vida do empreendimento pode resultar em dados incompletos e de baixa qualidade.

Por fim, as últimas pesquisas desenvolvidas têm buscado abordar essas dificuldades e avançar na implementação e utilização do COBie na gestão de *facilities*. Os tópicos abordados incluem:

- melhoria da visualização: os estudos têm explorado a aplicação de modelos gráficos para melhorar a visualização e compreensão dos dados COBie, facilitando o acesso e a análise deles;

- sistemas baseados em regras: soluções baseadas em regras têm sido propostas para melhorar a consistência e a qualidade dos dados COBie, bem como para rastrear as mudanças relacionadas aos ativos ao longo do tempo;

- metodologias de gerenciamento de dados: as pesquisas têm se concentrado no desenvolvimento de metodologias e *frameworks* para gerenciar de forma eficaz o fluxo de dados de ativos entre as partes interessadas ao longo do ciclo de vida do edifício, garantindo a qualidade e integridade dos dados.

Dessa maneira, para melhorar a implementação do COBie na gestão de *facilities*, é importante coordenar sua implementação entre os diferentes *stakeholders* envolvidos no processo, priorizar as informações

relevantes para a gestão de ativos e desenvolver soluções técnicas para personalização dos conjuntos de propriedade COBie. Além disso, deve-se dar mais atenção ao controle das informações que devem ser adicionadas ou excluídas do modelo digital, a fim de garantir que o COBie seja uma ferramenta eficaz na gestão de *facilities*.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o COBie seja reconhecido como um padrão para a troca de informações na gestão de *facilities*, ainda há desafios significativos a serem superados em relação à usabilidade, consistência dos dados e integração com os modelos BIM. As últimas pesquisas têm buscado soluções e abordagens inovadoras para melhorar a implementação e uso eficaz do COBie, visando aprimorar o fluxo de informações. Algumas tentativas em solucionar os problemas descritos estão sendo realizadas. É possível observar que a utilização de elementos visuais para a gestão de dados é uma tendência crescente. Essa abordagem pode ajudar a simplificar o entendimento dos dados por parte dos usuários. Além disso, procura-se melhorar o gerenciamento das informações contidas nas planilhas de dados, visto que a quantidade de dados gerados tende a aumentar exponencialmente nas empresas. E, de maneira mais ampla, na melhoria do gerenciamento do fluxo de informações que ocorrem entre os diferentes intervenientes, uma vez que elas podem reduzir os erros de comunicação e garantir que as informações importantes cheguem aos destinatários corretos no momento adequado. Percebe-se, assim, grande potencial no desenvolvimento de pesquisas na área.

REFERÊNCIAS

ABDIRAD, H.; CARRIE S. D. Normative and Descriptive Models for COBie Implementation: Discrepancies and Limitations. **Engineering, Construction, and Architectural Management**, v. 26, n. 8, p. 1820-1836, 2019. DOI: 10.1108/ECAM-10-2018-0443

ALNAGGAR, A.; MICHAEL, P. Towards a conceptual framework to manage BIM/COBie asset data using a standard project management methodology. **Journal of Facilities Management**, v. 17, n. 2, p. 175-187, 2019.

ATKIN, B.; BROOKS, A. **Total Facilities Management**, Third Edition, Ed. Wiley-Blackwell, 2009.

BARNES, P. T.; DAVIES, N. **BIM in principle and practice**. Institute of Civil Engineering. Estados Unidos: Ed. ICE Publishing, 2014.

CAVKA, H.B. et al. Developing owner information requirements for BIM-enabled project delivery and asset management. **Automation in Construction**, v. 83, p. 169-183, 2017.

CODINHOTO, R. et al. BIM-FM implementation: an exploratory investigation. **International Journal of 3-D Information Modeling**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2013.

EADIE, R. et al. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: an analysis, **Automation in Construction**, v. 36, p. 145-151, 2013.

EAST, E. W. **Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard**. Construction Engineering Research Laboratory (CERL). U.S. Army Engineer Research and Development Center. Estados Unidos, 2007.

FLOREZ, L.; KERESHMEH, A. Integrating facility management information into Building Information Modelling using COBie: current status and future directions. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 35., **Proceedings,** p. 1-8, 2018.

INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. **Definition of facility management**. International Facility Management Association. 2007. Disponível em: <https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>. Acesso em 28 de dezembro de 2021.

KASPRZAK, C.; DUBLER, C. Aligning BIM with FM: streamlining the process for future projects. **Construction Economics and Building**, v. 12, n. 4, p. 68, 2012.

KHOSROWSHAHI, F. Building Information Modelling (BIM): a Paradigm Shift in Construction. In: DASTBAZ, M.; et al. (ed.). **Building Information Modelling, Building Performance, Design and Smart Construction**. Suíça: Ed. Springer, 2017. cap. 4, p. 61-62.

KITCHENHAM, A. B. **Procedures for performing systematic reviews**. Technical Report TR/SE-401, Keele University and NICTA, 2004.

KITCHENHAM, A. B. et al. Cross versus Within–Company Cost Estimation Studies: A Systematic Review. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v. 33, n. 5, p. 316-329, 2007. DOI: 10.1109/TSE.2007.1001

KUMAR, V.; TEO, A. L. E. Exploring the application of property graph model in visualizing COBie data**. Journal of Facilities Management**, v. 19, n. 4, p. 500-526, 2021a.

KUMAR, V.; TEO, A. L. E. Development of a rule-based system to enhance the data consistency and usability of COBie datasheets. **Journal of Computational Design and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 343-361, 2021b.

KUMAR, V.; TEO, A. L. E. Conceptualizing "COBieEvaluator" a rule based system for tracking asset changes using COBie datasheets. **Engineering, Construction, and Architectural Management**, v. 27, n. 5, p. 1093-1119, 2020a.

KUMAR, V.; TEO, A. L. E. Perceived benefits and isues associated with COBie datasheet handling in the construction industry. **Facilities**, v. 39, n. 5/6, p. 321-349, 2020b.

LAVY, S.; JAWADEKAR, S. A case study of using BIM and COBie for facility management. **International Journal of Facility Management**, v. 5, n. 2, 2014.

LAVY, S. et al. Effects of BIM and COBie database facility management on work order processing times: case study. **Journal of Performance of Constructed Facilities,** v. 33, n. 6, p. 4019069, 2019.

LINDKVIST, C.; WHYTE, J. Challenges and opportunities involving facilities management in data handover: London 2012 case study, **in: Anumba, C.J. e Memari, A.M. (Ed.), Architectural Engineering Conference**: AEI, American Society of Civil Engineers, Reston, Estados Unidos, p. 670-679, 2013.

MARADZA, E. et al. Standardisation of building information modelling in the UK and USA: challenges and opportunities, in: Anumba, C.J. e Memari, A.M. (Ed.), **Architectural Engineering Conference:** AEI, American Society of Civil Engineers, Reston, Estados Unidos, p. 457-466, 2013.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM standard – united states version 3**, Seção 4.2: Construction Operation Building Information Exchange (COBie) – Version 2.4, National Institute of Building Sciences, Washington DC, Estados Unidos, p. 1-252, 2015.

PATACAS, J. et al. BIM for facilities management: evaluating BIM standards in asset register creation and service lipe planning. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 20, p. 313-331, 2015.

SCHWABE, K. et al. COBie: A Specification for the Construction Operations Building Information Exchange. In: BORRMANN, A.; et al. (ed.). **Building Information Modeling:** Technology Foundations and Industry Practice. Suíça: Ed. Springer, 2018. cap. 9, p. 167-180.

WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE. **Construction-operations building information exchange (COBie).** 2016. Disponível em: <https://www.wbdg.org/resources/cobie.php>. Acesso em 29 de dezembro de 2021.

YALCINKAYA, M.; VISHAL, S. Exploring the use of Gestalt's principles in improving the visualization, user experience and comprehension of COBie data extension. **Engineering, Construction, and Architectural Management,** v. 26, n. 6, p. 1024-1046, 2019a.

YALCINKAYA, M.; VISHAL, S. VisualCOBie for facilities management. **Facilities,** v. 37, n. 7/8, p. 502-524, 2019b.