




ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE FACILITY MANAGEMENT E BUILDING INFORMATION MODELING

COMPARATIVE STUDY BETWEEN DIFFERENT TYPES OF INTEGRATION OF FACILITY MANAGEMENT AND BUILDING INFORMATION MODELING SYSTEMS

[10.29073/rae.v1i2.654](https://doi.org/10.29073/rae.v1i2.654)

Receção: 08/08/2022 Aprovação: 05/04/2023 Publicação: 01/07/2023

Rodrigo da Silva Varela Pedral Sampaio ¹, António Aguiar Costa ², Inês Flores-Colen ³

RESUMO

A Gestão de Instalações ou Facility management (FM) é uma atividade profissional que contribui para a manutenção, melhoria e adequação dos edifícios em condições de uso, envolvendo atividades multidisciplinares e contando com diferentes tecnologias para promover um ambiente produtivo que suporte os objetivos primordiais da organização. Além disso, vários sistemas específicos carregam as informações do FM. Com o aparecimento dos edifícios inteligentes, que incorporam a maioria dos espaços com objetos inteligentes, o Building Information Modelling (BIM) tem proporcionado aos gestores uma melhoria na qualidade das operações a custos mais baixos e num tempo mais reduzido, permitindo a troca de informações entre os diversos stakeholders envolvidos. No entanto, um dos maiores desafios para a adoção da abordagem BIM é garantir uma troca de informação eficiente e robusta. Ademais, devido ao elevado número de dados gerados ao longo do ciclo de vida de um ativo, é crucial fornecer consistência de troca de informação, rastreabilidade e um repositório a longo prazo, de modo que as soluções atuais devam incluir a integração de dados de sistemas FM e BIM. Assim, a interoperabilidade e a integração automática são os principais motivos de problemas durante o ciclo de vida de um ativo, assim como a assimetria de informação e a fragmentação de dados. Para isso, modelos de dados de padrão aberto melhoram essa integração entre modelos BIM e os sistemas FM. Este artigo discute abordagens convencionais com potencial e maior impacto na integração de dados FM e seus benefícios e deficiências.

Palavras-Chave: MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO; GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO; INTERNET DAS COISAS; INTEGRAÇÃO BIM-FM-IOT

ABSTRACT

Facility management (FM) is a profession that contributes to maintaining, improving, and adapting buildings' in-service conditions, involving multidisciplinary activities and relying on different technologies to promote a productive environment that supports the organization's primary objectives (core-business). Also, various FM systems carry the information of FM. With the emergence of intelligent buildings, which embed most spaces with smart objects, building information modelling (BIM) has provided builders new opportunities to quality upgrade them at lower costs and shorter project duration, allowing information exchange between the various stakeholders involved. However, one of the biggest challenges to adopting the BIM approach is to ensure an efficient and robust exchange of information. Furthermore, as data amount drastically increases over time, it is vital to provide information consistency, traceability, and long-term archiving, so current solutions include integrating BIM and FM systems data. So, interoperability and automatic combination are the main reasons for common problems during a building life cycle, such as information asymmetry and data fragmentation. For this purpose, open-standard data models improve this integration between BIM models and FM systems. This paper discusses conventional approaches with potential and higher impact on FM data integration and their benefits and shortcomings.

Keywords: BUILDING INFORMATION MODELLING; FACILITY MANAGEMENT; INTERNET OF THINGS; BIM-FM-IOT INTEGRATION

1. INTRODUÇÃO

Facility management (FM) é uma profissão que contribui para a manutenção, melhoria e adequação de edificações em condições de uso, envolvendo atividades multidisciplinares que englobam diversos profissionais para garantir a funcionalidade do ambiente construído, integrando pessoas, lugar, processo e tecnologia para promover um ambiente produtivo. ambiente que suporta os negócios não essenciais de uma organização em um edifício (Teicholz, 2004). Não obstante, a gestão dos edifícios deve ser eficiente durante o seu ciclo de vida, com uma forma sustentável de encarar os novos desafios da União Europeia (UE): resiliência e transição digital.

Na última década, a arquitetura, engenharia, construção e o facility management (AECFM) tem vindo a acelerar a implementação de inovações essenciais nos seus processos de gestão e projeto, experimentando uma mudança de paradigma impulsionada por novas ferramentas computacionais. Além disso, para alcançar uma gestão inteligente e eficiente de tais propósitos, os facility managers (FMs) necessitam de ferramentas poderosas para organizar o conhecimento produzido por cada ator durante o ciclo de vida da edificação. Assim, a tecnologia da informação (TI) ganha cada vez mais importância neste setor, fornecendo ferramentas e sistemas para a gestão da informação das instalações e melhorando a produtividade e eficiência (Costa et al., 2015; Santos et al., 2017; Vieira et al., 2020).

Com o surgimento dos edifícios inteligentes, a metodologia BIM tem proporcionado aos construtores novas oportunidades de atualização de qualidade a custos mais baixos e menor duração do projeto, permitindo a troca de informações entre os diversos stakeholders envolvidos (Zhang et al., 2015). No entanto, a gestão dos processos e a integração dos produtos no FM ainda são realizadas de forma manual, separada e independente uma da outra, tornando-a ainda mais complexa (Jallow et al., 2014).

Os utilizadores de vários sistemas FM, nomeadamente, computer-aided facilities management (CAFM), computerized maintenance management system (CMMS) e building automation system (BAS), carregam as informações do FM para suas tarefas de negócios. De fato, a maioria desses sistemas compartilham funções semelhantes de gestão de ativos e manutenção, focando principalmente na captura de informações valiosas, mas alguns desses sistemas não conseguem abranger a diversidade de todos os requisitos de FM (McArthur & Bortoluzzi, 2018; Volk et al., 2014).

Além disso, um estudo desenvolvido nos Estados Unidos da America (EUA), no início dos anos 2000, estimou que a economia anual potencial a indústria do FM dos EUA em mais de US\$ 2 bilhões, para proprietários e operadores relacionados com uma gestão de processos de negócios ineficiente. Esses custos surgem de uma gestão ineficaz de processos de negócios, sistemas redundantes de FM, custo de treino para esses sistemas, perda de produtividade e custos de retrabalho, entre outros (Gallaher et al., 2004).

O BIM aplicado à FM está a reinventar a forma como é planeada a estratégia, no que se refere à entrega, operação, manutenção e gestão das infraestruturas, oferecendo uma excelente oportunidade para melhorar a gestão da informação para os FMs e possibilitando um caminho mais sustentável na gestão do ambiente construído. Ademais, permite suportar dados e sistematizá-los de forma estruturada, potenciando uma integração mais abrangente dos processos e promovendo abordagens mais inteligentes ao FM (Azhar & Asce, 2011). Além disso, como a quantidade de dados aumenta drasticamente ao longo do tempo, é vital fornecer consistência de informações, rastreabilidade e arquivamento de longo prazo, para que as soluções atuais incluam a integração de dados de sistemas BIM e FM (Azhar & Asce, 2011).

A integração manual de dados heterogêneos pode incorrer em uma tarefa de mão de obra de alto custo e causar informações incorretas, impedindo a uma tomada de decisão mais assertiva. Assim, o BIM é uma metodologia utilizada como repositório de dados e fonte de informações para suporte à operação e manutenção (O&M) e reduzindo em até 98% o tempo de atualização dos bancos de dados (McArthur & Bortoluzzi, 2018).

A integração de BIM e FM é relativamente nova e a pesquisa nesses campos ainda se encontra em estágios iniciais (Bröchner et al., 2019), havendo potencial para o desenvolvimento de novos e significativos conhecimentos e ferramentas para a prática de FM, resultando em edifícios mais sustentáveis e eficientes. A recente preocupação com uma integração eficaz entre os sistemas BIM e FM oferece uma excelente oportunidade para melhorar a gestão da informação nos ambientes contruídos através de poderosas ferramentas de análise de dados, como as plataformas BIM interoperáveis.

2. ANÁLISE DO CONTEÚDO

Historicamente, Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e FM não são conectados ao ciclo de vida do ativo construído, particularmente na transferência de informações (Pärn et al., 2017; Rogage & Greenwood, 2020; Teicholz, 2004; Vanlande et al., 2008; Volk et al., 2014). Consequentemente, a adoção do BIM como uma plataforma que permite aos utilizadores integrar e reutilizar informações de construção apresenta a oportunidade de troca automatizada de informações, desencadeando uma nova visão do paradigma da indústria AECFM.

Tradicionalmente, as fases de projeto e construção produzem informações geométricas. No entanto, a falta de informações não geométricas, a falta de flexibilidade, a ausência de conhecimentos técnicos e o custo do software são os principais motivos para o atraso no desenvolvimento da gestão inteligente e o baixo nível de eficiência do FM por intervenientes não utilizadores de BIM

(Bonanomi, 2016). Na realidade, os modelos baseados em BIM exigem altos níveis de integração, conectividade, colaboração em tempo real, interoperabilidade e inovações tecnológicas inteligentes que atendam à demanda por métodos customizados e sustentáveis.

Diferentes participantes geralmente realizam o projeto, construção e gestão da fase de Operação e Manutenção (O&M). No geral, os formatos que o sistema FM suporta para importação e exportação são textuais, como planilhas e arquivos de banco de dados relacional, sendo a maioria desses dados heterogênea (Kang & Hong, 2015). Neste sentido, um dos maiores desafios na adoção da abordagem BIM é garantir uma troca de informações eficiente e robusta.

Toda a estrutura teórica do BIM é fundamentada na troca de dados entre sistemas (Kensek, 2015). As trocas de informações estão inevitavelmente associadas à possibilidade de envio de informações entre diferentes sistemas, termo denominado interoperabilidade. No entanto, a interoperabilidade e a integração são os principais motivos de problemas comuns durante o ciclo de vida de uma construção, como assimetria de informações e fragmentação de dados (Bonanomi, 2016). Além disso, é difícil para os computadores integrarem os dados ao armazenar diferentes fontes de dados em diversos formatos.

Embora um padrão internacional possa gerir informação relacionada com projeto e construção de um edifício, os dados dos sistemas FM não podem ser controlados por um modelo de dados comum, pois utiliza diferentes âmbitos e funções na fase de O&M (Kim et al., 2018). Para isso, modelos de dados de padrão aberto melhoram essa integração entre modelos BIM e sistemas FM (Marmo et al., 2020). Além disso, os padrões e procedimentos abertos evitam a perda de dados para uma melhor partilha de informação, uso e reutilização de informações, coordenação e comunicação, como por exemplo o padrão de dados industry foundation classes (IFC), para comunicação entre computer aid drawings

(CAD) ou, em outras palavras, entre modelos de informação auxiliados por computadores, como Revit, Allplan e Archicad, e o construction operation building Information exchange COBie), para comunicação entre partes interessadas (Ozturk, 2020).

De fato, as principais informações baseadas em BIM para FM consistem em uma folha de dados COBie e um modelo BIM baseado em Industry Foundation Classes (IFC). No entanto, COBie e IFC têm esquemas diferentes e, para usá-los no trabalho de FM, um modelo integrado de construção baseado em IFC deve gerir os dados necessários do sistema FM com alguns dados externos. Como tal, integrar as informações de FM de várias estruturas de banco de dados e definir automaticamente as suas relações com as necessidades do FM prenuncia um aumento significativo nas tarefas de O&M.

2.1. INDUSTRY FOUNDATION CLASS (IFC)

Este padrão é um formato neutro e um modelo de dados abertos para representar componentes de um edifício físico ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, facilitando a transferência de dados entre ferramentas BIM, como software BIM e ferramentas que admitem importação de ficheiros IFC (Kang & Hong, 2015). Seu desenvolvimento começou em 1995 com a Industry Alliance for Interoperability, agora BuildingSMART e sua primeira versão foi lançada em 1997 (Howard & Björk, 2008).

O modelo IFC apresenta uma linha de base para a troca de informações geométricas e não geométricas de um modelo BIM para um formato padrão (Vieira et al., 2020) e especifica um esquema de dados e uma estrutura de formato de arquivo de troca. Esse esquema de dados é definido na linguagem de especificação de dados

EXPRESS e na linguagem de definição de esquema XML (EN ISO 16739-1, 2018). Além disso, uma estrutura para dicionários ou ontologias multilíngues de dados chamado International Framework for Dictionaries (IFD) define os termos e significados de entidades, produtos e processos, enriquecendo o modelo ao vincular vários bancos de dados que consistem em um projeto específico e dados de produto para verificações avançadas (EN ISO 12006-2, 2001; EN ISO 12006-3, 2007).

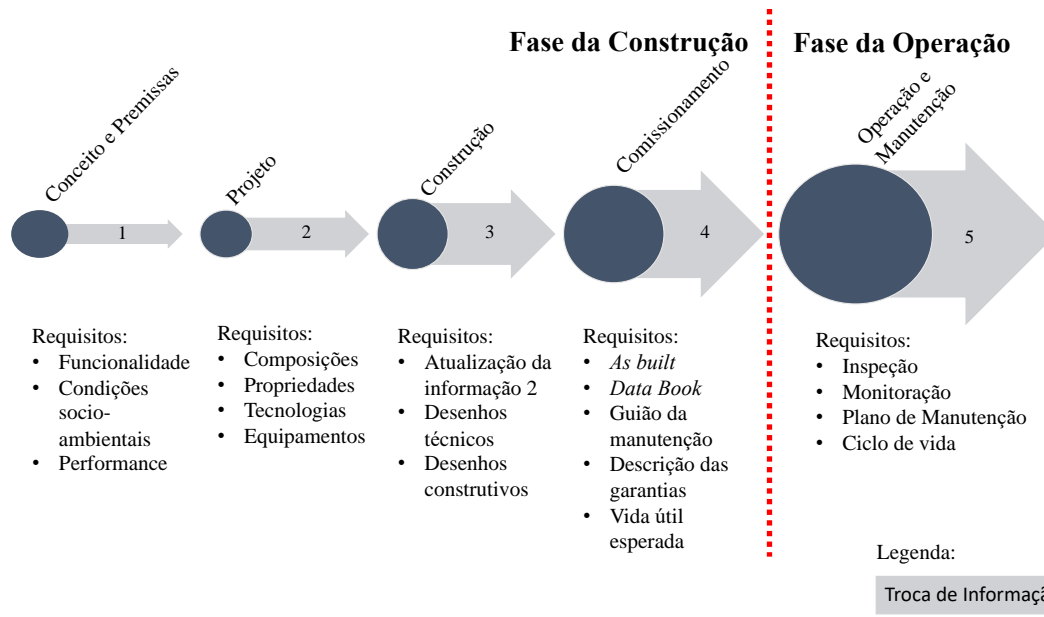
2.1. CONSTRUCTION OPERATION BUILDING INFORMATION EXCHANGE (COBIE)

De acordo com a EN ISO 19650-2 (EN ISO 19650-2, 2018), em sua versão britânica, as informações não geométricas devem ser estruturadas em formatos de dados abertos, seguindo o COBie, que fornece os meios para gerenciar a consistência dos dados entre CAFM e BIM e fornecer as informações necessárias para os gerentes de instalações (Pärn et al., 2017)

O formato COBie é o padrão internacional para troca de informações para gestão de ativos, similar a uma definição de Model View Definition (MVD) elucidada pelo BuildingSMART, não adicionando novos requisitos aos contratos, mas alterando o atual formato de entregas em papel para um formato aberto, num padrão internacional (Pishdad-Bozorgi et al., 2018).

Cinco fases de entrega progressiva estruturaram o esquema COBie, os chamados Data Drops (DD). Cada uma dos DD representam uma etapa do projeto, e os dados vão sendo adicionados gradativamente durante todo o processo de construção, uma fase inicial, e então todas as informações ficam disponíveis para o gerente da instalação (Bonanomi, 2016). A Figura 1 resume a estrutura de dados COBie nas fases de construção e operação.

Figura 9- Estrutura informativa dos dados COBie e o ciclo de vida do edifício. Fonte: adaptada de (Bananomi, 2016)



Os principais objetivos do COBie são definir quais informações são necessárias para que os objetos BIM suportem as atividades de FM e aprimorar o desenvolvimento de uma plataforma interoperável entre software BIM e sistemas de informação (Bill East & Carrasquillo-Mangual, 2012). O COBie pretende assim facilitar a transferência de informação ao longo das várias fases de desenvolvimento do projeto.

3. ABORDAGENS CONVENCIONAIS DE INTEGRAÇÃO BIM-FM

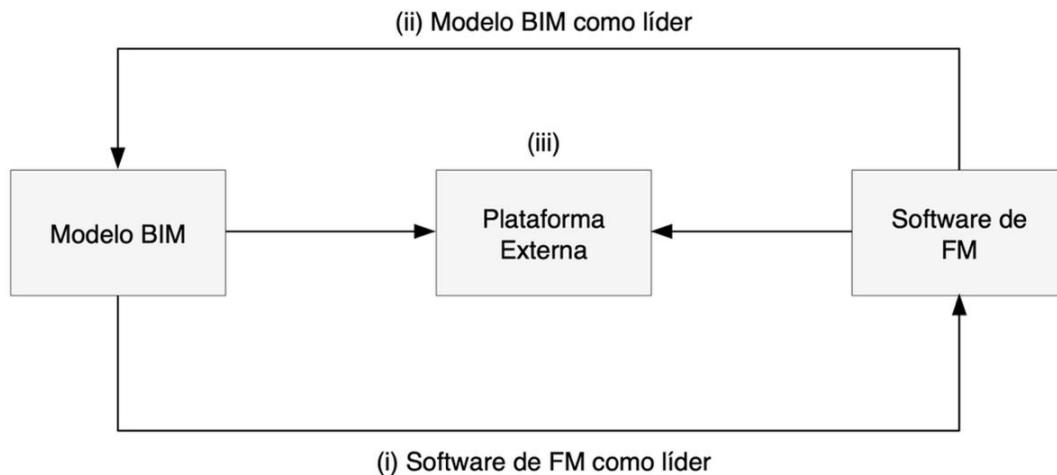
Convencionalmente, o BIM é usado para integração de dados FM em três abordagens principais: (i) sistema FM lideram o processo e o BIM é utilizado suporte, (ii) o BIM lidera o processo e os sistemas FM são utilizados como suporte e (iii) como uma plataforma externa integrando modelo BIM e sistema FM, Figura 2 (Kula & Ergen, 2021).

3.1. ABORDAGEM 1 – SOFTWARE FM COMO LÍDER

Na primeira abordagem, os sistemas FM dominam o modelo integrado, e o modelo

BIM é usado como modelo auxiliar para converter os dados BIM para suportar um sistema FM. O fluxo de trabalho começa com a extração de dados relevantes de um modelo BIM e a preparação de dados para transferência, normalmente via formato COBie, colocando os dados em uma estrutura adequada para uma ferramenta FM pretendida. Assim, uma definição clara de quais informações de FM precisam ser incluídas no BIM continua sendo um passo necessário e crítico (Pishdad-Bozorgi et al., 2018). O COBie identifica e codifica todas as informações necessárias, fornecendo uma maneira estruturada de gerir os dados dos ativos, como dados de instalação, descrição de garantia, vida útil de referência e outros ao longo do ciclo de vida da edificação (Alnaggar & Pitt, 2019). Essa abordagem é vantajosa principalmente porque (i) os sistemas FM são mais leves do que os modelos BIM, (ii) são adequados para modificações e (iii) não requerem treino adicional de pessoal (Kula & Ergen, 2021). Por outro lado, a falta de visualização tridimensional e interatividade podem ser encaradas como deficiências.

Figura 10 - Abordagens convencionais de integração BIM-FM. Fonte: adaptada de (Kula & Ergen, 2021)



3.2. ABORDAGEM 2 – MODELO BIM COMO LÍDER

A segunda abordagem é dominada pelo modelo BIM, e o Sistema FM é utilizado como modelo auxiliar para importar ou integrar dados no modelo BIM, fornecendo suporte de dados não geométricos conforme necessário. Os arquivos IFC permitem o processo de partilha para melhor qualificação e validação dos dados, ajudando a superar o problema de interoperabilidade entre diversos softwares utilizados no AECFM (Vanlande et al., 2008). Por exemplo, classes de objetos, classes de relações e classes de recursos preenchem arquivos IFC com informações e relações, tornando a integração possível (Shalabi & Turkan, 2017).

O uso de modelos BIM para gerir dados de FM parece um bom caminho para aprimorar as práticas atuais de FM. No entanto, constituem-se como pontos negativos. (i) dificuldade em aceder ou encontrar a documentação do projeto existente ou uma definição clara das convenções FM, especialmente em edifícios existentes (Bonanomi, 2016; Pärn et al., 2017; Volk et al., 2014), (ii) ferramentas de autoria BIM e treino para a equipa de gestão de instalações (Becerik-Gerber et al., 2012) e (iii) gestão de big data e as limitações associadas às ferramentas BIM (Abdirad & Dossick, 2020; Kula & Ergen, 2021; Thabet & Lucas, 2017).

3.3. ABORDAGEM 3 – PLATAFORMA EXTERNA DE GESTÃO

Na terceira abordagem, para alcançar a interoperabilidade entre os sistemas BIM e FM, são geradas regras de mapeamento entre IFC e COBie, que representam aplicações em dois domínios diferentes, para garantir o mapeamento preciso entre os dois modelos de informação e alcançar a integração do modelo. Para resolver o problema da heterogeneidade dos sistemas BIM e FM, as informações são transferidas para uma plataforma de gestão de terceiros, chamada middleware.

Atualmente, as soluções de middleware estão crescendo rapidamente, e muitas soluções de integração estão a utilizar esse recurso (Abdirad & Dossick, 2020; Kim et al., 2018; Kula & Ergen, 2021; Pavón et al., 2021). Uma solução de middleware permite que dois softwares diferentes troquem informações e conectem aplicativos. O objetivo principal dessa customização é oferecer soluções simplificadas que reduzam o treinamento BIM para a equipe de gerenciamento de instalações com habilidades limitadas em plataformas avançadas.

Kang & Hong (2015) categorizaram essa abordagem de integração em cinco grupos, ou seja, (i) abordagens baseadas em ontologias; (ii) abordagens baseadas em esquemas; (iii) abordagens baseadas em serviços; (iv) abordagens baseadas em processos; (v) abordagens baseadas em

sistemas. Além disso, concluíram que as abordagens baseadas em ontologia são mais flexíveis do que outras abordagens e integram dados heterogêneos entre o modelo padrão. Ontologias fornecem a representação explícita de contextos e permitem sua reutilização entre sistemas. Além de usar ontologias, aplicações de reconhecimento de contexto podem ser equipadas com diversos mecanismos de inferência baseados em lógica. Em particular, com base em princípios ontológicos, essas propostas visam reduzir os requisitos e regras redundantes para troca de informações. Como exemplo disso (Kim et al., 2018) desenvolveu uma ontologia baseada em linguagem de ontologia da web (OWL) para gerenciar as informações de FM necessárias a partir de dados IFC e COBie baseados em BIM.

Os desenhos para verificar localizações, atributos ou quantidades de ativos e suas conexões com os sistemas prediais são vitais para a equipa de O&M (Abdirad & Dossick, 2020). Neste sentido, os modelos BIM são excelentes ferramentas devido à sua grande capacidade de armazenar informações associadas à representação tridimensional (3D), de aceder às informações da construção por meio de uma única plataforma e de proceder a atualizações automatizadas de modelos (Vieira et al., 2020).

No entanto, o sucesso dos FMs depende muito da precisão, disponibilidade e acessibilidade dessa informação que são criadas nas fases de projeto e construção do ciclo de vida do edifício e depois entregues à equipas de FM. Ocorre que, por vezes, essas informações geométricas e não geométricas do modelo BIM não estão completos e/ou são imprecisas, obrigando os FMs a recriarem todos os dados necessários para controlo e gestão desses ativos, já na fase operacional (Alnaggar & Pitt, 2019).

Na literatura, vários trabalhos foram encontrados nesse sentido. Parece que traduzir os esquemas IFC em OWL corresponde a gerar uma ontologia a partir de esquemas IFC e melhora

substancialmente o processo de integração. Além disso, a ontologia serve como o mecanismo central para fluxos de aprendizado de máquina (ML), como as interações complexas, que representam dados compreensíveis por máquina e algoritmos de ML e facilitam a comunicação de ferramentas de extração de informações. Em contrapartida, devido aos problemas de interoperabilidade com os modelos BIM e sistemas FM, (i) soluções personalizadas para cada estudo de caso para tornar os dados intercambiáveis, (ii) o desenvolvimento de uma taxonomia de informações não geométricas e cada ontologia e (iii) a otimização dos processos de O&M e a tarefa de programação complexa são pontos ainda a serem melhor estudados.

4. CONCLUSÕES

Quando se pensa na gestão da informação de uma maneira integrada, os facilities managers (FMs) consomem uma grande parte de seu tempo em tarefas pouco produtivas, como por exemplo, na pesquisa e validação de diferentes informações. A integração da informação nas diferentes fases do ciclo de vida (projeto, construção e operação) é um dos principais motivos que contribui para esse consumo excessivo de tempo por parte dos FMs. Assim, as tendências tecnológicas globais apontam para um compromisso dos players do setor de FM com a integração de tecnologias digitais, a adoção de novos processos e um foco claro na gestão eficiente durante o ciclo de vida da construção. Parece que esta indústria está passando por um boom digital devido à integração de novas tecnologias, conceitos e abordagens. No entanto, a literatura aponta ainda para um baixo nível de maturidade tecnológica das empresas do setor de facility management.

Este artigo abordou os diferentes tipos de integração de sistemas de facility management (FM) e building information modeling (BIM). Assim, a revisão da literatura indicou que um dos principais desafios enfrentados pelos gestores de facilities é a falta de integração e

interoperabilidade entre as diversas funções do facility management. Além disso, informações incompletas da construção na entrega e a falta de ferramentas dedicadas à gestão da operação e manutenção são razões fundamentais para o atraso no desenvolvimento de uma gestão nessa etapa do ciclo de vida mais inteligente.

Por esta razão, três principais abordagens de integração foram apresentadas e discutidas. As duas primeiras abordagens são exatamente opostas em termos de deficiências e, portanto, a literatura aponta uma solução híbrida, assim como a terceira abordagem. À medida que os estudos de ontologia na indústria arquitetura, engenharia, construção e facility management aumentam, essa abordagem híbrida também aumentará devido à comunicação dos sistemas. Por fim, a transformação de dados em conhecimento por meio de estudos ontológicos para um modelo automatizado e de apoio à decisão na gestão de instalações surge como insights sobre tendências futuras.

De fato, esses benefícios e deficiências mencionados acima abrem um debate interessante sobre como a transição digital afetará a indústria do facility management e os antecedentes necessários para uma integração bem-sucedida. Portanto, desenvolver um sistema inteligente e integrado para edificações na fase da operação e manutenção é a direção para melhorar um processo e é essencial na gestão do ciclo de vida da edificação.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela bolsa de investigação ao abrigo de um contrato do Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, 1018P.06013 / REV@Construção número 06013, e pela unidade de investigação CERIS.

6. REFERÊNCIAS

Abdirad, H., & Dossick, C. S. (2020). Rebaselining Asset Data for Existing

Facilities and Infrastructure. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 34(1), 05019004.

[https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000868](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000868)

Alnaggar, A., & Pitt, M. (2019). Towards a conceptual framework to manage BIM/COBie asset data using a standard project management methodology. *Journal of Facilities Management*, 17(2), 175–187. <https://doi.org/10.1108/JFM-03-2018-0015>

Azhar, S., & Asce, A. M. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. In *Leadership Manage. Eng (Vol. 11)*.

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 431–442. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000433)

Bill East, by, & Carrasquillo-Mangual, M. (2012). 2013-03-12-COBieGuide-Public-v05 The COBie Guide: a commentary to the NBIMS-US COBie standard 2013-03-12-COBieGuide-Public-v05 2
ACKNOWLEDGEMENTS.

Bonanomi, M. (2016). Building Information Modeling (BIM) and Facility Management (FM). In *Knowledge Management and Information Tools for Building Maintenance and Facility Management (pp. 149–177)*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23959-0_6

Bröchner, J., Haugen, T., & Lindkvist, C. (2019). Shaping tomorrow's facilities management. *Facilities*, 37(7–8), 366–380. <https://doi.org/10.1108/F-10-2018-0126>

Costa, A. A., Lopes, P. M., Antunes, A., Cabral, I., Grilo, A., & Rodrigues, F. M. (2015). 3I Buildings: Intelligent, Interactive and Immersive Buildings. *Procedia Engineering*, 123, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.051>

- EN ISO 12006-2. (2001). Building construction-Organization of information about construction works-Part 2: Framework for classification of information. www.sis.se/Buytheentirestandardviahttps://www.sis.se/std-899471
- EN ISO 12006-3. (2007). Building construction-Organization of information about construction works-Part 3: Framework for object-oriented information. www.sis.se/Buytheentirestandardviahttps://www.sis.se/std-908526
- EN ISO 16739-1. (2018). Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema.
- EN ISO 19650-2. (2018). Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): Information management using building information modelling. Part 2, Delivery phase of the assets (p. 42).
- Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, Jr., J. L., & Gilday, L. T. (2004). Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. <https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.04-867>
- Howard, R., & Björk, B. C. (2008). Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment. *Advanced Engineering Informatics*, 22(2), 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2007.03.001>
- Jallow, A. K., Demian, P., Baldwin, A. N., & Anumba, C. (2014). An empirical study of the complexity of requirements management in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(5), 505–531. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2013-0084>
- Kang, T. W., & Hong, C. H. (2015). A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration. *Automation in Construction*, 54, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.019>
- Kensek, K. (2015). BIM guidelines inform facilities management databases: A Case Study over Time. *Buildings*, 5(3), 899–916. <https://doi.org/10.3390/buildings5030899>
- Kim, K., Kim, H., Kim, W., Kim, C., Kim, J., & Yu, J. (2018). Integration of ifc objects and facility management work information using Semantic Web. *Automation in Construction*, 87, 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.019>
- Kula, B., & Ergen, E. (2021). Implementation of a BIM-FM Platform at an International Airport Project: Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4), 05021002. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002025](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002025)
- Marmo, R., Polverino, F., Nicoletta, M., & Tibaut, A. (2020). Building performance and maintenance information model based on IFC schema. *Automation in Construction*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103275>
- McArthur, J. J., & Bortoluzzi, B. (2018). Lean-Agile FM-BIM: a demonstrated approach. *Facilities*, 36(13–14), 676–695. <https://doi.org/10.1108/F-04-2017-0045>
- Ozturk, G. B. (2020). Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry. *Automation in Construction*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103122>
- Pärm, E. A., Edwards, D. J., & Sing, M. C. P. (2017). The building information modelling trajectory in facilities management: A review. In *Automation in Construction* (Vol. 75, pp. 45–55). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.12.003>
- Pavón, R. M., Alberti, M. G., Álvarez, A. A., & del Rosario Chiyón Carrasco, I. (2021). Use of bim-fm to transform large conventional public buildings into efficient

and smart sustainable buildings. *Energies*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/en14113127>

Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X., Eastman, C., & Self, A. P. (2018). Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). *Automation in Construction*, 87, 22–38.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.004>

Rogage, K., & Greenwood, D. (2020). Data transfer between digital models of built assets and their operation & maintenance systems. *Journal of Information Technology in Construction*, 25, 469–481. <https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2020.027>

Santos, R., Costa, A. A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. In *Automation in Construction* (Vol. 80, pp. 118–136). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>

Shalabi, F., & Turkan, Y. (2017). IFC BIM-Based Facility Management Approach to Optimize Data Collection for Corrective Maintenance. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31(1), 04016081. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000941](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000941)

Teicholz, E. (2004). Bridging the AEC technology gap. *IFMA Facility Management Journal*.

Thabet, W., & Lucas, J. (2017). Asset Data Handover for a Large Educational Institution: Case-Study Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(11), 05017017. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001389](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001389)

Vanlande, R., Nicolle, C., & Cruz, C. (2008). IFC and building lifecycle management. *Automation in Construction*, 18(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.05.001>

Vieira, R., Carreira, P., Domingues, P., & Costa, A. A. (2020). Supporting building automation systems in BIM/IFC: reviewing the existing information gap. In *Engineering, Construction and Architectural Management* (Vol. 27, Issue 6, pp. 1357–1375). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2018-0294>

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. In *Automation in Construction* (Vol. 38, pp. 109–127). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

Zhang, J., Seet, B. C., & Lie, T. T. (2015). Building information modelling for smart built environments. *Buildings*, 5(1), 100–115. <https://doi.org/10.3390/buildings5010100>

PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar. **Revisão por pares:** Dupla revisão anônima por pares.



Todo o conteúdo da [Revista de Ativos de Engenharia](#) é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.