XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8730

Dashboard integrado para gestão da manutenção em edificações: uma avaliação baseada na percepção dos usuários

Integrated dashboard for building maintenance management: a user perception-based assessment

Caio Mendes Lima
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | caioasu@gmail.com
Alisson Souza Silva
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | so_alisson@hotmail.com
Vanessa Cruz Pacheco
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | pacheco.vanessa@ufba.br
Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | dayanabcosta@ufba.br

Resumo

A gestão da manutenção no setor de edificações é marcada pela longa duração e pelo elevado custo ao longo do ciclo de vida dos ativos. Esse contexto envolve a fragmentação das informações, geralmente dispersas em registros físicos e em planilhas isoladas, além de lacunas informacionais decorrentes da rotatividade de pessoal, o que dificulta o rastreamento do histórico dos ativos. Este estudo avalia um dashboard que integra GIS, BIM e BI quanto à transparência e à gestão visual, à usabilidade e à acessibilidade, ao apoio à tomada de decisão e à confiabilidade dos dados. A pesquisa foi conduzida em uma Instituição de Ensino Superior, com aplicação de questionário em sessão estruturada, apresentação do dashboard e interação prática. Os resultados indicaram uma percepção positiva do dashboard nas quatro dimensões avaliadas, com médias entre 4,29 e 4,86 em uma escala Likert de cinco pontos, sugerindo que a integração contribuiu para o aprimoramento do acesso, da organização e da interpretação das informações. No que se refere à transparência e à gestão visual, o dashboard demonstrou capacidade de tornar as informações de manutenção mais acessíveis a profissionais com diferentes formações.
Palavras-chave: SIG. BIM. BI. Manutenção Predial. Instituição de Ensino Superior.

Abstract

Maintenance management in the building sector is characterized by long duration and high cost throughout the asset lifecycle. This context involves fragmented information, typically dispersed across physical records and isolated spreadsheets, as well as informational gaps resulting from staff turnover, which hinder the tracking of asset history. This study evaluates a dashboard that integrates GIS, BIM, and BI in terms of transparency and visual management, usability and accessibility, decision-making support, and data reliability. The research was conducted at a higher education institution, where a questionnaire was administered in a structured session, followed by a dashboard presentation and hands-on interaction. The results indicated a positive perception of the dashboard across the four evaluated dimensions, with mean scores ranging from 4.29 to 4.86 on a five-point Likert scale, suggesting that the integration contributed to improved access, organization, and interpretation of information. Regarding transparency and visual management, the dashboard demonstrated the ability to make maintenance information more accessible to professionals with different backgrounds.
Keywords: GIS. BIM. BI. Maintenance management. Higher Education Institution.

LIMA, C. M.; SILVA, A. S.; PACHECO, V. C.; COSTA, D. B. Dashboard integrado para gestão da manutenção em edificações: uma avaliação baseada na percepção dos usuários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8730

INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção (GM) em edificações é crítica, pois a fase de Operação e Manutenção (O&M) é a mais longa e onerosa do ciclo de vida dos ativos, respondendo por cerca de 80% do consumo de energia de uma edificação [1][2]. Em Instituições de Ensino Superior (IES), esse cenário é agravado pela ausência de padronização e de manutenção preventiva estruturada, aliada a limitações de recursos. Resultando em deficiências informacionais e operacionais que comprometem a eficiência, o acesso a dados e a comunicação entre os atores envolvidos [3]. Dessa forma, apesar da necessidade de garantir a continuidade funcional dos sistemas prediais [4][5], a GM ainda é predominantemente corretiva, gerando desperdícios de até 30% dos orçamentos [6], situação intensificada pela fragmentação das informações e pela dificuldade de rastreamento histórico dos ativos [1][7]. Além disso, restrições orçamentárias e a falta de capacitação limitam a transição para modelos preditivos e orientados por dados [8].

Nesse contexto, as tecnologias digitais emergem como um suporte fundamental à GM. O uso de drones e de escaneamento a laser permite o mapeamento de infraestruturas com alta fidelidade, superando as limitações das vistorias manuais [9][10]. Building Information Modeling (BIM) atua como o repositório central de dados, viabilizando a visualização 3D e a integração com sensores IoT [11][12]. Enquanto o Geographic Information System (GIS) fornece o contexto geoespacial para sistemas complexos. Ferramentas de Business Intelligence (BI), como o Power BI, consolidam grandes volumes de dados em dashboards que apoiam a tomada de decisão baseada em evidências [13] [9] [14].

Apesar do potencial dessas tecnologias, persistem lacunas na integração de informações e na avaliação da integridade das edificações [15][7]. Muitos estudos ainda se concentram em abordagens conceituais, com aplicação prática limitada [16], e dão maior ênfase aos aspectos tecnológicos do que aos impactos nos processos gerenciais, especialmente no contexto das IES [3][6]. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo avaliar como um dashboard integrado, baseado em GIS, BIM e BI, pode contribuir para a transparência dos processos de GM em uma IES e apoiar a tomada de decisão.

TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA APOIO À GM

Estudos recentes sobre GM em IES evidenciam correlação positiva entre a qualidade das instalações e o desempenho acadêmico, ao mesmo tempo em que apontam a persistência de práticas reativas e da fragmentação informacional como principais entraves [17][18]. Essa fragmentação limita o acesso a dados atualizados, compromete a comunicação entre setores e fragiliza a confiabilidade das informações disponíveis para a tomada de decisão.

O BIM tem sido amplamente investigado como repositório central de dados ao longo do ciclo de vida dos ativos, com ganhos expressivos de acessibilidade e qualidade da informação [19][20]. Estudos recentes propõem estruturas baseadas em *Industry*

Foundation Classes (IFC) para a representação integrada de dados de inspeção, manutenção e custos [21], avançando na padronização e na rastreabilidade das informações ao longo da fase de operação.

A integração BIM-GIS amplia essa capacidade ao incorporar a dimensão espacial, especialmente no contexto de IES. Gasbarri *et al.* [22] integraram QGIS, Revit e Power BI para gestão de ativos da Universidade de Turim, promovendo maior consistência dos dados. Já o trabalho de Zhang *et al.* [23] integrou dados de drones em ambientes GeoBIM para a detecção de patologias, com acurácia superior a 80%. As ferramentas de BI, por sua vez, têm sido empregadas como camada de visualização e de apoio à decisão. Os estudos de Harode *et al.* [13][24] demonstraram o potencial do Power BI, integrado ao BIM e ao IoT, em ambientes hospitalares, com avaliações positivas de usabilidade. Contudo, nenhum desses estudos avalia qualitativamente os efeitos da integração entre GIS, BIM e BI sobre a transparência dos processos, a usabilidade, o apoio à tomada de decisão operacional e gerencial, ou a confiabilidade e rastreabilidade dos dados no apoio à GM.

MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa é classificada como aplicada, com abordagem qualitativa, de natureza descritiva e exploratória. Foi conduzida por meio de uma pesquisa de campo para analisar a percepção dos usuários sobre um dashboard desenvolvido para apoiar a GM em Instituições de Ensino Superior. O estudo concentra-se na análise inicial do uso e da utilidade percebida da plataforma no contexto organizacional, sem contemplar sua validação estatística.

CONTEXTO E OBJETO DE AVALIAÇÃO

A pesquisa foi conduzida em uma IES com um amplo conjunto de edificações distribuídas por diferentes localidades de Salvador-BA. Esse cenário impõe desafios à GM devido à diversidade tipológica, a diferentes níveis de degradação [25], além de limitações comunicacionais [3].

Nesse contexto, foi desenvolvido um dashboard interativo em Power BI integrando quatro fontes de dados: (i) dados de inspeção de fachadas vinculados ao modelo BIM, exportados do Revit via plugin Speckle; (ii) dados de inspeção de cobertura organizados em planilha com esquema unificado; (iii) imagens de drone armazenadas em repositório em nuvem, acessadas via links compartilhados do OneDrive; e (iv) base geoespacial com coordenadas e atributos das edificações, integrada ao visualizador Map do Power BI. A integração foi estruturada por dois identificadores únicos, *Building_ID e Anomaly_ID,* que garantem rastreabilidade entre inspeções, imagens e elementos do modelo. O dashboard (Figura 2) constitui o objeto de avaliação deste estudo, cujo desenvolvimento técnico é detalhado por Lima et al. [24], enquanto este estudo foca na percepção dos usuários.

A interface é composta por seis visualizadores e quatro filtros dinâmicos, permitindo a navegação e o cruzamento de dados. Os mapas geográficos permitem localizar as

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8730

edificações, enquanto os gráficos e as tabelas organizam e representam as anomalias. As imagens de inspeção são exibidas no painel, e o modelo BIM integrado permite navegação tridimensional e associação entre dados e elementos da edificação.

Figura 2: Dashboard de Gestão de Manutenção



Fonte: Lima et al. (2026).

PARTICIPANTES E AMOSTRAGEM

A população-alvo foi composta por membros da organização com potencial para utilizar o dashboard (Quadro 1). Adotou-se amostragem não probabilística por conveniência e pertinência, selecionando-se sete participantes de diferentes setores, com envolvimento direto ou indireto em atividades de manutenção, inspeção ou gestão das edificações.

Quadro 1: Participantes

Formação	Escolaridade	Cargo	Experiência	Já usou BI
Arquitetura e Urbanismo	Especialização	Arquiteta	Entre 12 e 14 anos	Não
Engenharia Civil	Doutorado	Superintendente	Entre 2 e 4 anos	Não
Engenharia Civil	Especialização	Engenheira Civil	Menos de 1 ano	Sim
Engenharia Civil	Especialização	Assistente Operacional	Entre 2 e 4 anos	Não
Engenharia Civil	Doutorado	Coordenadora de obras	Entre 1 e 2 anos	Não
Outra	Técnico em Edificações	Técnico-Fiscal	Entre 1 e 2 anos	Não
Outra	Mestrado	Pesquisador	Entre 2 e 4 anos	Sim

Fonte: o autor.

PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu em uma sessão estruturada com duração aproximada de 1h30min, composta por três etapas sequenciais, conforme ilustrado na Figura 2.

Inicialmente, durante cerca de 20 minutos, foi realizada a apresentação do dashboard, destacando seus objetivos, bases de dados e principais funcionalidades.

Na sequência, os participantes realizaram um teste prático de aproximadamente 40 minutos, explorando os recursos da ferramenta, incluindo filtros, mapas, gráficos e o modelo BIM em 3D. Essa etapa foi supervisionada pelos pesquisadores, que prestaram suporte aos participantes, esclarecendo dúvidas e orientando o uso do Power BI, considerando que, para a maioria deles, essa era a primeira experiência com a plataforma.

Por fim, foram coletadas as percepções dos usuários quanto à clareza, utilidade e experiência de uso do dashboard. Para isso, foi disponibilizado um QR Code direcionando os participantes a um questionário elaborado no Google Forms. O questionário foi respondido de forma anônima, e os participantes dispuseram de aproximadamente 30 minutos para seu preenchimento.

Figura 2: Etapas da coleta de dados



Fonte: Os autores.

INSTRUMENTO DE PESQUISA (QUESTIONÁRIO)

O instrumento de coleta de dados consistiu em um questionário estruturado, composto por questões fechadas e abertas (Quadro 2). As questões fechadas foram formuladas como afirmações avaliativas, analisadas por meio de uma escala Likert de cinco pontos, variando de “Discordo totalmente” a “Concordo totalmente”.

Quadro 2: Questões utilizadas na pesquisa

Nº	Questão
Q1	As informações de manutenção são apresentadas de forma clara e compreensível.
Q2	Os indicadores e gráficos facilitam a compreensão das condições da envoltória.
Q3	O dashboard possibilita a transparência entre diferentes setores.
Q4	O nível de detalhamento é adequado para entender os problemas.
Q5	A navegação entre filtros e informações é adequada.
Q6	Os elementos visuais são compreensíveis sem suporte técnico extra.
Q7	A visualização 3D do BIM auxilia no processo de manutenção.
Q8	O dashboard apoia decisões operacionais.
Q9	O dashboard apoia decisões gerenciais.
Q10	O dashboard melhora a qualidade e a rapidez das decisões.
Q11	Os dados são consistentes e confiáveis.
Q12	A integração BIM-GIS-BI melhora a rastreabilidade das informações.
Q13	O dashboard facilita a verificação e validação dos dados de inspeção.
Q14	O dashboard fornece informações que auxiliam a tomada de decisão?
Q15	Quais sugestões de melhoria você identifica para o dashboard?
Q16	O dashboard possibilita a transparência das informações entre diferentes setores da SUMAI?

Fonte: os autores.

As afirmações foram organizadas em dimensões analíticas, alinhadas a princípios da construção enxuta e a conceitos consolidados na literatura sobre sistemas de informação e apoio à decisão na construção civil. As dimensões avaliadas foram descritas no Quadro 3.

Quadro 3: Dimensões avaliadas

Dimensões	Descrição	Q. Fechadas	Q. Abertas
Transparência e gestão visual	Relacionadas à clareza, integração e compreensão das informações apresentadas	Q1; Q2; Q3; Q4	Q16
Usabilidade e acessibilidade	Associadas à navegação, facilidade de uso e compreensão dos elementos visuais	Q5; Q6; Q7	
Apoio à tomada de decisão	Considerando a utilidade do dashboard para decisões operacionais e gerenciais	Q8; Q9; Q10	Q14
Confiabilidade e qualidade dos dados	Avaliando consistência, rastreabilidade e validação das informações de inspeção	Q11; Q12; Q13	

Fonte: Os autores.

Além das questões fechadas, o questionário incluiu perguntas abertas (Q14, Q15 e Q16), permitindo que os participantes expressassem suas percepções sobre a contribuição do dashboard para a tomada de decisão e a transparência entre setores. Destaca-se que a questão Q15 não está associada a uma dimensão específica de análise, sendo direcionada exclusivamente à coleta de sugestões de melhoria para o dashboard.

TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Adotou-se uma abordagem qualitativa descritiva para interpretar as percepções dos usuários sobre o dashboard. As questões fechadas foram analisadas quanto às tendências de concordância, aos padrões recorrentes e à concentração das respostas na escala Likert, tanto de forma individual e por dimensão analítica. As questões abertas foram examinadas por meio de análise de conteúdo exploratória, com identificação de temas, críticas e sugestões. A triangulação dos resultados possibilitou

uma compreensão integrada dos pontos fortes e das limitações do dashboard, com achados de caráter inicial e não generalizáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados são apresentados com base nas quatro dimensões analíticas definidas no instrumento de pesquisa. O Quadro 4 apresenta a síntese das respostas às questões fechadas, organizadas de acordo com as dimensões analíticas do estudo.

Quadro 4: Médias e desvio padrão das respostas das questões fechadas

Dimensões	Questões	Média	Desvio Padrão	Média das dimensões
Transparência e Gestão Visual	Q1	4,86	0,38	4,54
	Q2	4,57	0,53	
	Q3	4,43	0,79	
	Q4	4,29	0,49	
Usabilidade e Acessibilidade	Q5	4,71	0,49	4,57
	Q6	4,29	0,76	
	Q7	4,71	0,49	
Apoio à Tomada de Decisão	Q8	4,29	1,11	4,43
	Q9	4,57	0,79	
	Q10	4,57	0,79	
Confiabilidade e Qualidade dos Dados	Q11	4,71	0,76	4,67
	Q12	4,86	0,38	
	Q13	4,43	1,13	

Fonte: Os autores.

As respostas mostraram concordância predominante entre os participantes, com médias entre 4,29 e 4,86. A análise do desvio padrão revelou maior consistência nas avaliações das questões Q1 e Q12, indicando percepções semelhantes quanto à clareza da interface e à rastreabilidade das informações. Já as questões Q8 e Q13 apresentaram os maiores níveis de dispersão, o que reflete maior variabilidade nas percepções sobre o suporte operacional e os mecanismos de validação das inspeções.

Dentre as dimensões avaliadas, a Confiabilidade e Qualidade dos Dados obtiveram a maior média geral (4,67), com destaque para a afirmação sobre a rastreabilidade da integração BIM-GIS-BI (Q12, média de 4,86, a mais alta do instrumento), o que reforça o valor percebido da abordagem integrada.

As únicas discordâncias parciais ocorreram nas questões Q8 e Q13, relacionadas ao suporte às decisões operacionais e aos mecanismos de validação das inspeções, respectivamente. Em Q8, os resultados indicam a necessidade de informações quantitativas mais detalhadas para fundamentar as atividades operacionais. Em Q13, a variação nas respostas indica menor consenso quanto ao apoio do dashboard na verificação e validação dos dados de inspeção.

Nas questões abertas, todos os respondentes apontaram que o dashboard pode apoiar a tomada de decisão, destacando a visualização integrada e a disponibilidade

simultânea de dados quantitativos e qualitativos sobre as anomalias identificadas. As sugestões de melhoria envolveram o aprimoramento das visualizações, maior integração do modelo BIM ao fluxo operacional e a implementação de recursos para programação de inspeções. As percepções sobre a transparência entre os setores foram variadas, o que indica a necessidade de incorporar informações de outras áreas para ampliar o potencial do painel.

Além disso, observou-se que, embora o dashboard tenha aprimorado a organização e o acesso às informações, ainda há fragilidades no contexto de gestão no qual a ferramenta está inserida. Destacam-se limitações na transparência intersetorial, que depende da disponibilidade e da integração de dados de diversas áreas, além de restrições no suporte às atividades operacionais, que exigem maior detalhamento e funcionalidades específicas. Além disso, a percepção de confiabilidade dos dados está fortemente ligada à forma como as informações são apresentadas e integradas, o que nem sempre reflete sua validação técnica. Esses fatores mostram que, apesar do potencial do dashboard como ferramenta de apoio à GM, sua efetividade não depende apenas da tecnologia, mas também do alinhamento com os processos organizacionais, os fluxos de informação e as necessidades dos diferentes usuários.

Em relação aos estudos anteriores, este avança ao avaliar, de forma sistemática, o impacto de um dashboard integrado de BIM, GIS e BI em quatro dimensões, no contexto específico das IES. Enquanto Guo *et al.* [19], Harode *et al.* [13] e Harode *et al.* [24] demonstraram ganhos técnicos com BIM e Power BI, nenhum deles avaliou as percepções dos usuários nesse contexto institucional. As dimensões de Transparência e Gestão Visual (média 4,54) e de Usabilidade e Acessibilidade (média 4,57) sugerem que a adoção do esquema unificado CSV e dos identificadores *Building_ID/Anomaly_ID*, decisões centrais do workflow, resultou em uma interface percebida como clara e navegável mesmo por usuários sem experiência prévia com BI.

A Confiabilidade e Qualidade dos Dados apresentou a maior média entre as quatro dimensões (4,67), com destaque para a rastreabilidade da integração BIM-GIS-BI (4,86), corroborando os achados de Gasbarri *et al.*[22] e Bellon *et al.*[21]. No que tange ao Apoio à Tomada de Decisão (média de 4,48), os resultados confirmam a tendência identificada por Harode *el al.* [13][24], mas revelam um impacto mais imediato no nível gerencial do que no nível operacional, indicando que as decisões de execução ainda demandam dados quantitativos mais granulares.

Por fim, a heterogeneidade das percepções sobre transparência intersetorial, a dimensão mais debatida nas questões abertas, sugere que, embora o dashboard represente um avanço estrutural em relação à fragmentação informacional descrita por Mahmoud *et al.* [17] e Plebankiewicz *et al.* [18], a transparência plena entre setores depende não apenas do dashboard, mas também de processos organizacionais que incentivem o uso compartilhado das informações.

CONCLUSÃO

Este estudo analisou como um dashboard que combina GIS, BIM e BI pode aumentar a transparência na GM de uma IES e auxiliar na tomada de decisão, com base da percepção de seus colaboradores. Os resultados indicaram uma percepção positiva do dashboard nas quatro dimensões avaliadas, com médias entre 4,29 e 4,86, sugerindo que a integração de dados de inspeção, modelos BIM e informações geoespaciais representa um avanço em relação às práticas fragmentadas. O dashboard demonstrou capacidade de tornar as informações mais acessíveis a profissionais com diferentes formações, reforçando seu potencial para apoiar a gestão visual e a rastreabilidade dos dados.

Apesar dos resultados deste estudo, identificaram-se algumas limitações, especialmente quanto à transparência intersetorial, que ainda depende de avanços no conteúdo disponibilizado e nos processos organizacionais de compartilhamento de informações. Além disso, observou-se maior aderência do dashboard às demandas gerenciais do que às necessidades operacionais.

Como contribuição, este trabalho apresenta uma avaliação qualitativa do uso de dashboards integrados na GM de IES, um contexto ainda pouco explorado na literatura. Recomenda-se que estudos futuros ampliem a amostra de participantes, incorporem dados de outras tipologias de edificações e avaliem o uso longitudinal do dashboard, de modo a verificar se os ganhos de transparência e de apoio à decisão se sustentam ao longo do tempo e com a maturidade de uso da plataforma.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, à FAPESB e ao CNPq, por meio do número 443942/2024-2, pelo suporte financeiro para a pesquisa e pela equipe da Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA (SUMAI-UFBA).

No processo de elaboração deste artigo, a ferramenta de inteligência artificial Gemini foi utilizada como recurso de apoio à revisão da redação e à tradução do resumo. O conteúdo gerado pela ferramenta foi posteriormente revisado e ajustado pelos autores, que são integralmente responsáveis pelo conteúdo final do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] LU, Q. et al. Developing a digital twin at building and city levels: Case study of West Cambridge Campus. *Journal of Management in Engineering*, v. 36, n. 3, 05020004, 2020.

[2] LIU, L.; LIU, Z.; HOU, A.; QIAN, X. Research on key technologies of digital twin cloud platform: A case study of rebar thread production line. *Production Planning & Control*, 2025.

[3] SENA, R. O. et al. Proposal for integrating drone images and BIM in educational public buildings to support maintenance management. *Revista Ingeniería de Construcción*, v. 39, n. 3, 2024.

[4] HOSAMO, H. H. et al. Improving building occupant comfort through a digital twin approach: A Bayesian network model and predictive maintenance method. *Energy and Buildings*, v. 288, 112992, 2023.

[5] MORENAS, J.; BELMONTE, J.; HERRERA, R. Designing an AI-driven digital twin architecture for building energy prediction. *Journal of Building Engineering*, v. 113, 2025.

[6] ABDELALIM, A. M. et al. Optimizing facilities management through artificial intelligence and digital twin technology in mega-facilities. *Sustainability*, v. 17, n. 5, 1826, 2025.

[7] WANG, H. et al. Digital-twin-based operation and maintenance management method for large underground spaces. *Buildings*, v. 14, n. 8, 2577, 2024.

[8] PAVÓN, R. M. et al. BIM-based digital twin development for university campus management: Case study ETSICCP. *Expert Systems with Applications*, v. 262, 125696, 2025.

[9] GAO, Y. et al. Bridge digital twin for practical bridge operation and maintenance by integrating GIS and BIM. *Buildings*, v. 14, n. 12, 2024.

[10] SILVA, A. S. et al. CNN-based YOLOv12 for damage assessment in residential roofs. *IEEE Access*, v. 13, p. 193311–193322, 2025a.

[11] KESKIN, B.; SALMAN, B.; KOSEOGLU, O. Strategic implementation of a BIM-based digital platform for airport asset management. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 148, n. 6, 04022029, 2022.

[12] MA, T. et al. Digital twin for 3D interactive building operations: Integrating BIM, IoT-enabled building automation systems, AI, and mixed reality. *Automation in Construction*, v. 176, 106277, 2025.

[13] HARODE, A.; ENSAFI, M.; THABET, W. Linking BIM to Power BI and HoloLens 2 to support facility management: A case study approach. *Buildings*, 2022.

[14] HESSELINK, L. et al. Usability analysis of virtual-reality-enabled digital twin for the inspection of sewage pumping stations. *International Journal of Construction Management*, v. 24, n. 13, p. 1419–1430, 2024.

[15] GÓMEZ FERNÁNDEZ, J. F.; CANDÓN FERNÁNDEZ, E.; MÁRQUEZ, A. C. A structured data model for asset health index integration in digital twins of energy converters. *Energies*, v. 18, n. 12, 3148, 2025.

[16] SILVA, A. S. et al. Method for quality inspection during the execution of façades based on UAS images and machine learning algorithms. *International Journal of Construction Management*, p. 1–18, 2025b.

[17] MAHMOUD, A. S.; HASSANAIN, M. A.; ALSHIBANI, A. Evolving trends and innovations in facilities management within higher education institutions. *Buildings*, v. 14, 3759, 2024.

[18] PLEBANKIEWICZ, E.; GRĄCKI, J. Strategy and models of buildings maintenance: a literature survey. *Civil and Environmental Engineering Reports*, v. 34, 2024.

[19] GUO, C. et al. BIM-based urban building facility information management system. *Engineering Reports*, 2025.

[20] CHO, J. et al. Lumped record management method using BIM and Dynamo for spalling maintenance. *Automation in Construction*, 2024.

[21] BELLON, F. G. et al. IFC framework for inspection and maintenance representation in facility management. *Automation in Construction*, v. 174, 2025.

[22] GASBARRI, P. et al. Supporting asset management with GIS and business intelligence technologies: The case study of the University of Turin. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2024.

[23] ZHANG, J. et al. AI-empowered digital twin modeling for high-precision building defect management integrating UAV and GeoBIM. *Building Simulation*, 2025.

[24] HARODE, A.; THABET, W.; DONGRE, P. A tool-based system architecture for a digital twin: A case study in a healthcare facility. *ITcon*, v. 28, p. 107–137, 2023.

[25] SANTANA, K. S. et al. Enhancing façade condition assessment through CNN-based crack detection using UAS imagery. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, v. 11, n. 2, 112, 2026.

[26] LIMA, C. et al. An integrated workflow based on UAS, GIS, and BIM for building envelope maintenance management. In: *43rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*. 2026. (no prelo).