



REUNIR:
Revista de Administração, Ciências Contábeis e
Sustentabilidade

www.reunir.revistas.ufeg.edu.br



ARTIGO ORIGINAL: Submetido em: 05.07.2023. Avaliado em: 04.06.2024. Apto para publicação em: 21.10.2024. Organização Responsável: UFCG.

A utilização de Sistemas Informatizados de Gestão de Manutenção em edificações da Administração Pública: revisão sistemática de literatura

The use of Computerized Maintenance Management Systems in Public Administration Buildings: systematic literature review

El uso de Sistemas Informatizados de Gestión del Mantenimiento en Edificios de la Administración Pública: revisión sistemática de la literatura

Emanoel Silva de Amorim

Universidade Federal de Pernambuco
Rua Leonardo Bezerra Cavalcanti, nº 672, sala. 6. Casa forte, Recife/Pernambuco.
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-6431-447X>
emanoel.amorim@recife.pe.gov.br

Evertton Gabriel Medeiros da Silva

Universidade de Pernambuco
Rua Benfca, 455, Recife-PE - CEP: 50.720-001
<http://lattes.cnpq.br/2455206539726002>
egms@poli.br

Alberto Casado Lordsleem Júnior

Universidade de Pernambuco
Rua Benfca, 455, Recife-PE - CEP: 50.720-001
<https://orcid.org/0000-0003-3286-0621>
acasado@poli.br



PALAVRAS-CHAVE
Construção 4.0. Gestão Pública. Sistemas Informatizados de Gestão de Manutenção.

Resumo: Este estudo tem como objetivo identificar os sistemas informatizados de gestão de manutenção (CMMS), seu estágio de implantação, os processos, funcionalidades e demais tecnologias integradas na manutenção de edificações da administração pública. A metodologia utilizada foi a revisão sistemática da literatura (RSL), dividida em três etapas: planejamento, execução e sumarização. Foram selecionados 20 artigos nas bases de dados Scopus e Science Direct. Observou-se que os CMMS estão integrados a tecnologias como plataformas BIM, Realidade Aumentada, drones, sensores inteligentes e gêmeos digitais, o que otimiza a gestão da manutenção na administração pública. Além disso, a RSL mostrou que países desenvolvidos, como Coreia do Sul, Inglaterra e Itália, estão mais avançados no uso dos CMMS. Em contraste, países como Brasil e Quênia, embora utilizem CMMS, não aproveitam todas as funcionalidades disponíveis, sendo geralmente usados para gerenciar manutenções corretivas, emissão de ordens de serviço e realização de cadastros. Adicionalmente, foi identificado que alguns CMMS são empregados no gerenciamento de sistemas prediais específicos, como climatização e elevadores.



KEYWORDS

Construction 4.0. Public Management. Computerized Maintenance Management Systems.

Abstract: This study aims to identify computerized maintenance management systems (CMMS), their implementation stage, processes, functionalities and other technologies integrated in the maintenance of public administration buildings. The methodology used was the systematic literature review (RSL), divided into three stages: planning, execution and summarization. 20 articles were selected from the Scopus and Science Direct databases. It was observed that CMMS are integrated with technologies such as BIM platforms, Augmented Reality, drones, smart sensors and digital twins, which optimizes maintenance management in public administration. Furthermore, RSL showed that developed countries, such as South Korea, England and Italy, are more advanced in the use of CMMS. In contrast, countries like Brazil and Kenya, although they use CMMS, do not take advantage of all available functionalities, being generally used to manage corrective maintenance, issuing work orders and making registrations. Additionally, it was identified that some CMMS are used to manage specific building systems, such as air conditioning and elevators.

PALABRAS CLAVE

Construcción 4.0. Gestión Pública. Sistemas Informatizados de Gestión del Mantenimiento.

Resumen: Este estudio tiene como objetivo identificar los sistemas computarizados de gestión del mantenimiento (CMMS), su etapa de implementación, procesos, funcionalidades y otras tecnologías integradas en el mantenimiento de los edificios de la administración pública. La metodología utilizada fue la revisión sistemática de la literatura (RSL), dividida en tres etapas: planificación, ejecución y resumen. Se seleccionaron 20 artículos de las bases de datos Scopus y Science Direct. Se observó que los CMMS se integran con tecnologías como plataformas BIM, Realidad Aumentada, drones, sensores inteligentes y gemelos digitales, lo que optimiza la gestión del mantenimiento en la administración pública. Además, RSL demostró que los países desarrollados, como Corea del Sur, Inglaterra e Italia, están más avanzados en el uso de CMMS. En cambio, países como Brasil y Kenia, aunque utilizan CMMS, no aprovechan todas las funcionalidades disponibles, utilizándose generalmente para gestionar mantenimientos correctivos, emitir órdenes de trabajo y realizar registros. Además, se identificó que algunas CMMS se utilizan para gestionar sistemas específicos del edificio, como aire acondicionado y ascensores.

Introdução

Desde as civilizações antigas, o homem sedentário desenvolveu as atividades de construções, inicialmente apenas para abrigar-se e, posteriormente, foi aumentando as funcionalidades dos espaços construídos (Gonçalves et al., 2021). Os métodos e técnicas construtivos foram ao longo dos anos sendo aprimorados (Patriota Jr., Batista & Póvoas, 2020). Ao ponto que, atualmente, o mercado vem se conscientizando da necessidade de aplicação de inovações tecnológicas nas organizações, de maneira a prover maior dinamicidade, redução do tempo e dos custos, aumento da eficiência e eficácia, através do uso de novos métodos e ferramentas para racionalização e padronização dos processos construtivos (Page et al., 2020; Silva, 2022).

No cenário contemporâneo essa dinâmica surge atrelada a busca de um produto capaz de atender as demandas e funções das edificações e seus usuários, sejam elas: laborais, industriais, habitacionais ou governamentais (Gonçalves et al., 2021; Santos, Alves & Pinheiro, 2021; Silva, 2022). Dessa maneira, entende-se que uma edificação deve garantir, de forma eficaz, a durabilidade e funcionalidade por todo ciclo de vida. E para isso, as atividades de manutenção predial são imprescindíveis para as construções (Viana et al., 2022).

O enfoque da necessidade de preservação das construções é antigo e tem sido registrado com especial importância através dos tempos. Como exemplo, no império romano existia a figura do edil, denominação dos antigos magistrados os quais faziam inspeções e gestão da conservação e manutenção das edificações públicas (Mendes et al., 2022).

Segundo a NBR 5674, a manutenção predial é uma importante ferramenta para manter a funcionalidade e a habitabilidade das edificações e pode ser caracterizada como toda e qualquer intervenção realizada sobre a edificação e suas partes constituintes, com finalidade de conservar ou recuperar sua capacidade funcional (ABNT, 2012; Mendes et al., 2022).

Na esfera das edificações administradas pelo serviço público é muito comum observar manifestações patológicas, fato este, pode ter

origem, dentre outros motivos, pela falta de serviços de manutenção ou por ações inadequadas (Viana et al., 2022). Para evitar esses defeitos, os setores responsáveis pelos serviços de conservação, limpeza e manutenção do prédio têm como obrigatoriedade implementar um sistema de gestão da manutenção (BRASIL, 2020). Dessa forma, é necessário que exista um modelo de maturidade das equipes de manutenção predial quanto à realização de boas práticas de manutenção (Khalid et al., 2019; Viana et al., 2022).

Entretanto, observa-se que embora existam orientações acerca do tema, muitas edificações públicas têm problemas oriundos da manutenção inadequada. Sob esse aspecto, as principais deficiências na gestão da manutenção, vem sendo: inexistência de plano de manutenção das edificações, falta de manutenção preventiva, excesso de manutenções corretivas, escassez de pessoal treinado ou especializado, orçamento e/ou de recursos materiais insuficientes, baixa qualidade dos serviços executados, deficiências no projeto, e entraves burocráticos durante o processo licitatório (Viana et al., 2022).

Contudo, conforme estudos realizados por Shrestha, Shrestha & Kandie (2014) no Quênia e Kalumbu, Mutingi & Mbohwa (2016) na Namíbia, essas deficiências tendem a ser mitigadas quando existe a substituição da gestão analógica para gestão informatizada da manutenção. Silva (2022), ressalta que a busca de melhorias em processos e inovações tecnológicas, novas ferramentas e metodologias, como a gestão de facilites e os sistemas computadorizados de gestão da manutenção (CMMS), estão sendo aplicadas cada vez mais nas organizações privadas como também na administração pública.

Um CMMS, ou sistemas computadorizados de gestão da manutenção, é uma solução de software concebida para simplificar os processos de manutenção predial, além de melhorar a gestão de ativos das organizações. Permitindo que os gestores de manutenção programem, acompanhem e analisem todo fluxo de trabalho envolvido, desde ordens de trabalho, inventário, tarefas de manutenção de forma eficiente, orçamentos etc. Dessa maneira, ao utilizar um CMMS, as organizações podem reduzir o tempo de inatividade, prolongar a vida útil dos sistemas

prediais, máquinas e equipamentos, otimizando os recursos de trabalho e melhorando as operações de manutenção em geral (Bleasdale et al., 2022).

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura com intuito de entender quais os CMMS estão sendo utilizados no mundo, quais os tipos de manutenção e estágios de implantação integram CMMS, quais os processos / funcionalidades aplicáveis na utilização de CMMS e quais outras tecnologias estão integradas aos CMMS.

Elementos metodológicos da pesquisa

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi baseada em Keele et al. (2007), os quais definem a RSL como sendo um estudo secundário que busca identificar, avaliar e extrair interpretações através da análise de estudos primários, delimitados por uma área de pesquisa ou fenômeno de interesse, que busca classificar, analisar e elucidar os estudos relevantes, disponíveis e que tragam resposta às questões da pesquisa.

A RSL é desenvolvida em etapas, de maneira a estruturar o trabalho de pesquisa de forma parametrizada, de maneira que na etapa de planejamento seja elaborado um protocolo de pesquisa, seguida da etapa de execução, realizada através das buscas e seleção dos estudos e da terceira etapa, a sumarização, que consiste no tratamento e análise dos dados, com a demonstração e relato do estado da arte do tema que se pretende estudar.

A RSL buscou investigar estudos sobre a utilização de sistemas informatizados na gestão da manutenção predial de edificações. Para isso foram definidas as seguintes perguntas da pesquisa:

- Quais os sistemas informatizados de gestão da manutenção foram identificados pela literatura?
- Quais os tipos de manutenção e estágios de implantação dos sistemas informatizados de gestão da manutenção foram identificados pela literatura?
- Quais os processos / funcionalidades aplicáveis na utilização de sistemas informatizados na gestão da manutenção em edificações pertencentes a instituições públicas?
- Quais outras tecnologias estão integradas

aos sistemas informatizados de gestão da manutenção foram identificados pela literatura?

De acordo com Page et al. (2021), o protocolo de pesquisa é o produto da etapa de planejamento da RSL, onde neste são especificadas as informações necessárias para a condução da revisão sistemática.

Para definição dos termos de busca, foi feito uso da estratégia PICO (Akobeng, 2005), que serve para definição dos termos de busca a partir das questões de pesquisa, extraindo desta a População (P), Interesse (I) e Contexto (Co), cujas definições foram: Computerized maintenance management system (CMMS); Computerized system; Public service; Government; Building maintenance; Maintenance issue.

A string de busca foi então definida através da combinação entre os termos de busca (e sinônimos) e os operadores booleanos “AND” e “OR”, de maneira a ser utilizada nas bases de busca, resultando na string: (“computerized maintenance management system” OR “CMMS” OR “computerized system”) AND (“public service” OR “government”) AND (“building maintenance” OR “maintenance issue”).

As bases de dados Science Direct, Scopus, ASCE, Web of Science, foram então escolhidas por conterem grande acervo técnico e científico em âmbito internacional e por isso podem retornar um significativo número de publicações na primeira busca.

Foram rejeitadas as fontes que apresentarem resultados irrisórios na primeira busca ($n < 20$), assim como as bases em que não seja possível realizar os filtros pelas limitações pretendidas e indicadas no protocolo.

Os critérios de inclusão ou exclusão para seleção dos artigos foram:

- foram incluídos artigos nos idiomas português, inglês e espanhol (Critério de inclusão – CI1);
- Foram incluídos artigos que contenham os termos de busca no título, resumo e palavras-chave (Critério de inclusão – CI2);
- Foram incluídos artigos do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção – AECO

(Critério de inclusão – CI3);

- Foram excluídos artigos duplicados (Critério de exclusão – CE1);
- Foram excluídos artigos que não abordem sistemas informatizados e gestão da manutenção predial (Critério de exclusão – CE2);
- Foram excluídos artigos que não tragam metodologia de análise (Critério de exclusão – CE3);
- Foram excluídos artigos de revisão sistemática (Critério de exclusão – CE4).

Durante a pesquisa, foram inclusos artigos de periódicos, capítulos de livros e artigos de conferência. Com o uso dos filtros das bases de dados, ainda é possível restringir o idioma dos estudos e o período pretendido de 2013 a 2023 (10 últimos anos) conforme o protocolo. Após a geração do arquivo de exportação dos resultados, foi possível consolidar os mesmos em um gerenciador de referências, no caso em questão utilizou-se o software online Rayyan, de maneira a tabular os dados para organizar e conduzir a fase de seleção.

Na fase da elegibilidade, através de ferramentas de filtro do Rayyan foram excluídos os artigos duplicados (CE1); através da leitura do título e resumo dos artigos foram excluídos os estudos que não abordaram sistemas informatizados e gestão da manutenção predial (CE2) e que não que não apresentaram metodologia de análise (CE3); através da leitura dos artigos foram excluídos os estudos que apresentaram apenas revisão sistemática da literatura (CE6). Após essa fase, os artigos remanescentes foram incluídos para síntese quantitativa e qualitativa.

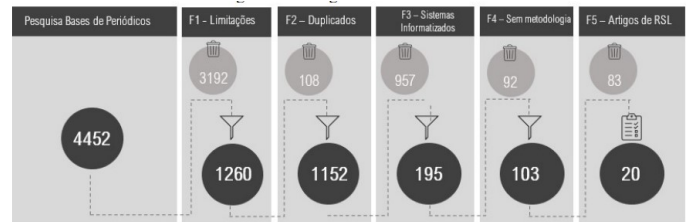
Conforme determinado no protocolo de pesquisa, foram desprezadas as bases de dados que não atendessem aos critérios pré-definidos. Assim, foi descartada as bases Scopus e Web of Science por retornar na primeira busca um número irrisório de estudos (n = 8) e (n=3), respectivamente. Desta maneira, restaram as bases Science Direct, com 2.447 estudos e Scopus, com 2.005 estudos, portanto 4.452 estudos para a etapa de seleção.

Na etapa seguinte foram atribuídas as limitações determinadas pelo protocolo, utilizando-

se as próprias ferramentas das bases. Assim, foram excluídos 3192 artigos por limitação, sendo 1806 que não eram documentos do tipo “artigos de periódicos”, “capítulos de livros” ou “artigos de conferência”; 989 foram excluídos por não serem da grande área “Engenharia” e 397 estavam fora do período de estudo (2013-2023), resultando em 1260 estudos para a elegibilidade.

Em seguida, na fase elegibilidade, foi realizada a leitura dos títulos e resumos, de onde atribuiu-se os critérios de exclusão. Nesta fase foram excluídos 1212 artigos sendo que 108 deles eram duplicados (CE1); 957 estudos foram excluídos por não abordem sistemas informatizados e gestão da manutenção predial (CE2). Após leitura integral dos artigos, 92 foram excluídos por não trazerem metodologia de análise (CE3) e 83 estudos foram excluídos por serem de revisão sistemática (CE4), resultando em 20 estudos elegíveis para a síntese qualitativa.

Figura 01
Diagrama de Fluxo RSL



Fonte: Prisma (2020) – Adaptado pelos autores

Para compor o relato desta RSL foi utilizado o Diagrama de Fluxo para revisão sistemática da literatura - PRISMA (PRISMA, 2020), conforme Figura 01.

Apresentação e discussão dos resultados

Resultados quantitativos

A Tabela 01 apresenta a lista dos 20 artigos selecionados, organizados em ordem crescente a partir do ano de publicação (do mais antigo para o mais recente). O compilado apresenta o ano, autor, título do trabalho e citações, as quais foram extraídas do Google Scholar no dia 08 de junho de 2023. O artigo “Developing a Digital Twin at

Building and City Levels: Case Study of West Cambridge Campus” (Qiuchen Lu et al., 2020) foi o mais citado, com 223 citações. O segundo mais citado foi “The computerized maintenance management system an essential tool for world class maintenance” (Wienker, Henderson & Volkerts, 2016), com 118 citações, seguido de “Business Processes Improvement on Maintenance Management: a Case Study” (Abreu et al., 2013) com 53 citações.

Tabela 1

Portfólio dos artigos selecionados

ANO	AUTOR	TÍTULO	PERIÓDICOS	CITAÇÕES
2013	Abreu et al.	Business Processes Improvement on Maintenance Management: a Case Study	Procedia Technology	53
2014	Shrestha; Shrestha; Kandie	A Road Maintenance Management Tool for Rural Roads in Kenya	Construction Research Congress	5
2014	Fouchal; Hassan; Firth	Maintenance, Retrofit and Operation Decision Support Tool for Both Domestic and Non-domestic Buildings	International Conference on Computing in Civil and Building Engineering	5
2015	Handoko et al.	Building an In-House CMMS to Simplify Maintenance Management in an Oil and Gas Company	OnePetro	2
2016	Kalumbu; Mutingi; Mbohwa (2016)	Critical Success Factors for Developing Building Maintenance Strategies: A Case of Namibia	International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	11
2016	Wienker; Henderson; Volkerts	The computerized maintenance management	Procedia Engineering	118

ANO	AUTOR	TÍTULO	PERIÓDICOS	CITAÇÕES
		system an essential tool for world class maintenance		
2016	Jiang et al.	Application of Discrete-Event Simulation in the Quantitative Evaluation of Information Systems in Infrastructure Maintenance Management Processes	Journal of Management in Engineering	6
2016	Kim; Yu	Improvement of Facility Condition Assessment Processes Using BIM Data	Construction Research Congress	6
2017	Senra; Lopes; Oliveira	Supporting maintenance scheduling: a case study	Procedia Manufacturing	20
2017	Mazieri; Quinto Jr.	Comparison of Environmental Assessment Methods, LEED for Schools, and AQUA-HQE, Applied in Brazilian Public Schools, from the Perspective of Post-Occupation and Maintenance	International Conference on Sustainable Infrastructure	1
2018	Fuller et al.	Performance-Based Maintenance Contracting in Florida: Evaluation by Surveys, Statistics, and Content Analysis	Journal of Construction Engineering and Management	7
2018	Moreira; Ruschel; Behzadan	Building Owner Manual Assisted by	Construction Research Congress	5

ANO	AUTOR	TÍTULO	PERIÓDICOS	CITAÇÕES
		Augmented Reality: A Case from Brazil		
2019	Morais; Lordsleem Jr.	Building maintenance management activities in a public institution	Engineering, Construction and Architectural Management	16
2019	Accorsi et al.	A tailored Maintenance Management System to control spare parts life cycle	Procedia Manufacturing	14
2020	Qiuchen Lu et al.	Developing a Digital Twin at Building and City Levels: Case Study of West Cambridge Campus	Journal of Management in Engineering	223
2020	Assaf; Awada; Srou	Driven Approach to Forecast Building Occupant Complaints	Construction Research Congress	2
2021	Johannes et al.	Identifying Maturity Dimensions for Smart Maintenance Management of Constructed Assets: A Multiple Case Study	Journal of construction engineering and management	14
2022	Tan et al.	Streamlining WELL Concepts of Office Buildings for Developing Countries: The Case of Malaysia	Construction Research Congress	3
2022	Baird; Joly	How Can I Convince Finance to Fund My Asset Management Program?	Pipelines 2022	0

ANO	AUTOR	TÍTULO	PERIÓDICOS	CITAÇÕES
2022	Bleasdale et al	Inspection and Maintenance of Ferry Terminals: Risk Reduction and Cost Efficiency	Ports 2022	0

Fonte: Autores.

Com relação a distribuição dos artigos no período selecionado, há uma predominância de estudos nos anos 2016 e 2022. O país que aparece com maior número de publicações é o Brasil (3 publicações), seguido pelos países por EUA, Inglaterra e Itália (2 publicações), os demais países apresentam apenas 1 publicação, conforme apresentado na Figura 2. Cabe salientar que o que determinou o país neste extrato foi a localidade de aplicação da pesquisa ou estudo de caso.

Figura 2
Distribuição do número de publicações por ano e país da pesquisa

Ano	Alemanha	Brasil	Canadá	China	Coreia do Sul	EUA	Holanda	Indonésia	Inglaterra	Itália	Libano	Malásia	Namíbia	Portugal	Quênia	Total
2013														1		1
2014									1						1	2
2015								1								1
2016	1		1	1								1				4
2017		1								1						2
2018		1				1										2
2019		1								1						2
2020									1		1					2
2021							1									1
2022		1				1						1				3
2023																0
Total	1	3	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	20

Fonte: Autores

Figura 3
Distribuição do número de publicações por periódicos

Periódico	Publicações
Construction Research Congress	5
Engineering, Construction and Architectural Management	1
International Conference on Computing in Civil and Building Engineering	1
International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	1
International Conference on Sustainable Infrastructure	1
Journal of Construction Engineering and Management	2
Journal of Management in Engineering	2
OnePetro	1
Pipelines 2022	1
Ports 2022	1
Procedia Engineering	1
Procedia Manufacturing	2
Procedia Technology	1
Total	20

Fonte: Autores

Quanto aos periódicos analisados se destacam o “Construction Research Congress”, com cinco publicações, seguindo do “Journal of Construction Engineering and Management”, “Journal of Management in Engineering” e “Procedia Manufacturing””, com duas publicações em cada. As demais revistas apresentaram 1 (uma) publicação cada, conforme visto na Figura 03.

Nos estudos selecionados observou-se uma tendência temática, onde foi possível observar que nos últimos 10 anos as pesquisas realizadas sobre os sistemas informatizados de gestão da manutenção estão focando em sua maioria na manutenção corretiva, poucos autores incluíram a manutenção preventiva e corretiva. Além disso, os autores conscientizam a necessidade de implementar CMMS que integrem o BIM e Digital Twin através de algoritmos. A gestão dos contratos e aquisição através das licitações públicas foram temas também apontados. E por fim, percebeu-se uma predominância de CMMS ligados a gestão da manutenção de elevadores e sistemas de climatização, conforme apresentado na Figura 04.

Figura 04
Nuvem de palavras – RSL



Fonte: Autores

Resultados qualitativos

Para isso o resumo das contribuições dos estudos é apresentado em ordem cronológica a seguir.

O estudo realizado por Abreu et al. (2013) apresentou um estudo de caso sobre o acompanhamento da implementação do sistema de gestão da manutenção nos Aeroportos da ANA de

Portugal. O qual permitiu conhecer o modelo de processos de negócio relacionados com a manutenção, desde as infraestruturas, sistemas e equipamentos, passando pela estrutura organizacional respeitante aos diferentes departamentos. O estudo apontou que a gestão informatizada deve conter cinco estruturas principais, sendo elas: gerenciamento de manutenção; gestão operacional (específica o processo de registro das atividades correlatas, como manutenção corretiva, manutenção preventiva e serviços técnicos); gerenciamento de projetos (repositório de projetos novos e atuais sobre manutenção e investimentos, onde todas as atividades são registradas, como as especificações do contrato); gestão do CMMS (responsável pela evolução e desenvolvimento do sistema de informação) e gestão do conhecimento (garante a sustentabilidade de todos os processos de negócio associados ao framework, repositório de toda a documentação técnica, competências e formação adquiridas ao longo da implementação do CMMS).

O estudo de caso realizado por Shrestha, Shrestha & Kandie (2014) demonstra o modelo de gestão de manutenção de estradas no Quênia, o qual possui um CMMS que incorpora a manutenção corretiva, preventiva, e casos extremos de reabilitação de obras de artes especiais (bueiros e pontes). O software conhecido como Road Maintenance Management System (RMMS) é gerido pelos engenheiros da administração pública, que ao detectar necessidade de realizar manutenção licitam as obras por menor preço. O software é capaz de rastrear os pedidos de alteração em todas as atividades do plano de trabalho e registrar detalhadamente o andamento da construção.

Os estudos de Fouchal, Hassan & Firth (2014) apresenta os resultados embrionários de um projeto cofinanciado pela European Commission, Information Society e Media Directorate-General. O artigo apresentou o software com novas ferramentas de apoio à decisão para auxiliar na prestação de aconselhamento personalizado para edifícios, utilizando uma combinação de dados do BIM, tecnologias de monitoramento como sensores inteligentes e análise baseada em desempenho,

comportamento do usuário e conhecimento especializado, para o suporte à decisão para manutenção, retrofit e operação.

Os estudos realizados por uma conceituada universidade na Indonésia por Handoko et al. (2015), considera o custo e tempo como fatores cruciais para a implementação de um sistema informatizado na indústria de petróleo e gás. Nesse sentido, existem duas alternativas para obter um CMMS: desenvolvimento interno ou compra de um pacote de software de prateleira, onde ambas as opções têm seu próprio conjunto de vantagens e desvantagens. Para o caso em questão, optou-se em desenvolver um próprio CMMS, o software INTRAMAS. No processo de implantação do sistema, o estudo enfatiza a necessidade de mudar os paradigmas da abordagem manual para a abordagem informatizada, causada pela relutância dos profissionais envolvidos devido à falta de conhecimentos de informática.

O estudo realizado por Kalumbu, Mutingi & Mbohwa (2016) em Namíbia concluiu que a gestão bem-sucedida da manutenção predial em governos locais depende de fatores que incluem capacidade de resposta a incidentes de manutenção, disponibilidade de fundos para manter edifícios, qualidade do serviço de manutenção, medidas gerais de saúde e segurança para funcionários de manutenção e usuários do edifício, satisfação dos clientes e disponibilidade de peças de manutenção e componentes. O estudo também observou que os sistemas informatizados precisam ser alterados no foco da manutenção corretiva para preventiva. Além disso, diagnosticou que o planejamento de manutenção atual precisa ser aprimorado para atender às necessidades de manutenção de edifícios de curto e longo prazo. Há também uma grande necessidade de implementar o CMMS para lidar com funcionalidades como análise de dados, rastreamento de reclamações e distribuição da força de trabalho, o que pode levar a uma enorme economia de dinheiro e tempo. Isso também melhoraria os relatórios de manutenção e seria capaz de fornecer feedback para clientes internos e externos.

Já sobre a manutenção de elevadores, um

estudo realizado na Alemanha por Wienker, Henderson & Volkerts (2016) aponta a deficiência nas funcionalidades dos CMMS atuais, os quais são usados apenas como um “sistema de ordem de serviço”, sem o poder de análise e geração de relatórios. E conclui que a infraestrutura de TI da organização é uma etapa crítica, e muitas vezes subestimada no processo de implementação de um sistema CMMS. Para a integração bem-sucedida de uma “nova” ferramenta, a velocidade e a capacidade da infraestrutura precisam ser garantidas.

O estudo realizado por Jiang et al. (2016) na empresa metropolitana de metrô localizada na província de Guangdong (China), apresenta um esquema para avaliar sistema informatizado em aspectos funcionais e não funcionais no nível do processo de gerenciamento de manutenção. Os critérios consistem no seguinte: (1) adequação às tarefas (ou seja, os usuários podem aplicar o SI para realizar suas tarefas de trabalho sem carga de trabalho extra), (2) autodescritivo do SI [ou seja, os usuários podem entender as funções de cada módulo e várias informações (ou seja, informações de feedback, informações de aviso, etc.)], (3) controlabilidade (ou seja, a facilidade de usar as navegações e transitar entre diferentes páginas), (4) conformidade com as expectativas do usuário (ou seja, a consistência das funções de cada modular e informações exibidas com as expectativas dos usuários), (5) tolerância a erros (ou seja, a facilidade com que os usuários podem facilmente corrigir ou lidar com operações defeituosas), (6) individualização (ou seja, o ajuste entre o design do SI e os hábitos dos usuários) e (7) facilidade de aprendizado (ou seja, a facilidade com que os usuários aprendem a operar o SI). Um estudo de caso é conduzido usando o esquema e os resultados revelam que o SI está positivamente associado ao desempenho da manutenção. Os efeitos do SI de vários níveis em diferentes processos e usuários foram determinados com base nas funções dentro da organização. Além disso, foram identificados os obstáculos que impedem experiências favoráveis do usuário de SI. O estudo de caso verifica que os efeitos do SI no desempenho da manutenção

podem ser avaliados quantitativa e objetivamente por meio da aplicação do esquema. Os tomadores de decisão podem aplicar o esquema na fase de planejamento do SI ou na otimização do SI disponível.

O estudo de Kim & Yu (2016) em Seul (Correia do Sul) apresenta uma abordagem para avaliação de condição baseada em BIM que considera a interoperabilidade de dados, através de quatro etapas principais [1) avaliação das condições de planejamento, 2) inspeção/ medição, 3) análise prioritária e 4) reação/atualização.], com quatro algoritmos-chave [1) atributos BIM e algoritmo de mapeamento de requisitos FM, 2) algoritmo indicador de condições relacionadas, 3) algoritmo de análise de prioridade baseado em BIM e 4) algoritmo de atualização do modelo de construção.]. A abordagem proposta permite que os gerentes de instalações responsáveis pelas condições dos componentes usem um modelo baseado em BIM diretamente no sistema de gerenciamento de instalações, sem a necessidade de inserir dados manuais adicionais. Dessa forma, é garantido que a entrada de dados necessária para o gerenciamento de instalações seja mais precisa e confiável por meio de uma abordagem de gerenciamento de dados computadorizado.

Através de um estudo realizado na Itália por Senra, Lopes & Oliveira (2017) concluiu que os sistemas informatizados de gestão da manutenção devem conter funcionalidades como agendamento rápido, tendo em conta a disponibilidade de equipamentos e técnicos, tempos de processamento das tarefas de manutenção, data de vencimento, nível de competência exigido. O estudo também desenvolveu um algoritmo que suporta a ferramenta de apoio ao agendamento é composto pela identificação dos tempos de disponibilidade, um método de ordenação e um método de atribuição, e visa minimizar o atraso total.

Já um estudo realizado em escolas públicas do Brasil por Mazieri & Quinto Jr. (2017) apresenta uma reflexão sobre os sistemas de avaliação ambiental, LEED for Schools e AQUA-HQE, aplicados em dois prédios de escolas públicas da região sudeste do Brasil. Os prédios públicos

avaliados foram pioneiros nesses sistemas e, até 2017, são os únicos prédios escolares públicos construídos certificados no país. A pesquisa avaliou a gestão da pós-ocupação nessas edificações, destacando a importância da redução dos impactos ambientais neste período mais antigo do ciclo de vida das edificações, concluindo que apesar de serem fornecidos materiais e técnicas que reduzam os custos e facilitem a manutenção dessas edificações, a qualidade ambiental pode ser mantida realizando as manutenções necessárias.

Na Flórida (EUA), um estudo realizado por Fuller et al. (2018) propõe um modelo de gestão da manutenção baseado desempenho dos serviços prestados, através de contratos que compartilhem os riscos entre a administração pública e construtoras, com base em um escopo bem definido e de medidas de desempenho quantificáveis. Apontando as diversas vantagens desse sistema em comparação com os contratos mais tradicionais, incluindo maior certeza de gastos, economia de custos, gerenciamento de ativos mais fácil, potencial de parceria, transferência de risco, maior capacidade de inovação, orçamento mais simples, redução da equipe do cliente e capacidade de realizar análises de custo do ciclo de vida.

No Brasil, uma pesquisa embrionária apontou os benefícios sobre o uso da realidade aumentada (RA) para auxiliar a fase de manutenção predial, através da compatibilização de informações textuais constantes no manual do proprietário de edifícios, as quais foram transformadas em informações gráficas. Os autores Moreira; Ruschel; Behzadan (2018) desenvolveram um protótipo da aplicação de realidade aumentada (LAR), através de um software gráfico e uma plataforma de jogo, podendo ser lançado em tablets e óculos inteligentes. O estudo resumiu-se apenas a aplicação em banheiros, exibindo uma animação AR passo a passo de uma atividade de manutenção para o usuário.

Para Moraes & Lordsleem Júnior (2019), quando na análise da gestão da manutenção de uma instituição pública pertencente ao Poder Judiciário do Estado de Pernambuco (Brasil), foi possível observar que o sistema informatizado tem foco

apenas em manutenções corretivas, onde o índice médio de atendimento das solicitações recebidas é de 86% e que as maiores demandas estão relacionadas às instalações de refrigeração, elétrica e hidrossanitária, que representam 55% do total de solicitações. Para melhor eficiência na gestão da manutenção, os autores sugeriram melhorias na funcionalidade do sistema informatizado, como: emitir relatórios sobre o estado atual dos prédios de cada instituição, relacionando os tipos de solicitações pendentes e todos os serviços realizados em ordem cronológica; simular o montante de recursos necessários para elevar ou manter o nível de desempenho da edificação, bem como emitir relatórios que estimem os valores gastos nas atividades de manutenção; emitir alertas quanto à necessidade de manutenção periódica em uma edificação, conforme plano de manutenção preventiva; classificar as prioridades de ação com base no nível de risco que os problemas relatados poderiam causar aos profissionais que trabalham no edifício.

O estudo realizado na Itália por Accorsi et al. (2019) sobre o processo de manutenção de equipamentos eletromecânicos (ar-condicionados, elevadores etc.) aponta falhas nos CMMS por não compreender as diversas fases do ciclo de vida do produto, além de não incorporar funcionalidades ligadas às manutenções preditivas. Dessa forma, o estudo propõe um CMMS que suporta a coordenação entre grupos de engenheiros e profissionais por meio de interfaces gráficas de usuário (GUIs) e desempenho, ou seja, custo, confiabilidade, painéis, que conduzem a tomada de decisões desde a fase de projeto até o planejamento de tarefas de manutenção ao longo da vida útil do produto.

A pesquisa de Assaf, Awada & Srour (2020) apresentou uma estrutura de análise de dados, que adota técnicas de mineração de texto e aprendizado de máquina (modelo NARX) para ajudar os gerentes de instalações a entender e prever melhor as reclamações dos ocupantes do edifício. A estrutura foi testada por um período de um ano em dados altamente desestruturados e não solicitados de reclamações de ocupantes registrados por

operadores de gerenciamento de instalações em um complexo residencial, situado em Beirute (Libano). Os resultados da mineração de texto mostraram que as reclamações de ar-condicionado (AC) estão entre as reclamações mais frequentes no conjunto de dados em estudo. O uso do modelo de previsão exógeno autorregressivo não linear (NARX) construído para prever tais queixas resultou em validação aceitável e erros quadráticos médios de teste de 0,822 e 0,188, respectivamente. Os trabalhos em andamento visam expandir essa estrutura para incluir um conjunto de dados maior e desenvolver um plano de pessoal usado para lidar com essas reclamações, aumentando assim a satisfação dos ocupantes e o desempenho do edifício.

Para Qiuchen Lu et al. (2020) a gestão da manutenção predial deve incorporar o conceito de arquiteturas multicamadas, dessa forma a gestão dos ativos, da manutenção e da operação são todas englobadas através de um gêmeo digital (Digital Twin - DT). Nesse sentido, o estudo focou em apresentar os insights sobre o novo campo de DTs dinâmicos nos níveis de construção e cidade. Além disso, os autores também demonstraram o impacto da modelagem digital e da análise do desempenho e uso da infraestrutura na produtividade organizacional e forneceram ainda a base para otimizar os serviços da cidade, como energia, resíduos e transporte, além de compreender o impacto nas relações sociais e econômicas mais amplas.

Através de estudos de casos múltiplos realizados em Amsterdã (Holanda), Johannes et al. (2021) identificou os indicadores da dimensão de maturidade para gestão de manutenção predial, sendo eles: estrutura de governança (centralizada ou descentralizada); Localização e detalhamento (ausente, básico ou avançado); Tomada de decisão baseada em dados (ausente, básico ou avançado); Monitoramento de sustentabilidade (básico ou avançado); Gestão do conhecimento (aprendizagem pessoal ou organizacional); Cultura (Burocrática ou empreendedora); Liderança (Autocrático ou Colaborativo). Os autores concluem que as organizações de manutenção

distinguem requisitos de dados para engenharia de manutenção e gerenciamento de manutenção e devem implementar estratégias de acompanhamento e rastreamento para ambos os requisitos. Aponta também, que embora os gerentes de manutenção possam ter terceirizado a execução da manutenção para contratados, eles podem relutar em assumir a responsabilidade pelos dados de engenharia de manutenção que, a curto prazo, parecem ser relevantes apenas para contratados.

O estudo de caso realizado por Tan et al. (2022) na Malásia, identificou treze conceitos WELL para apoiar a saúde, o bem-estar e a produtividade dos ocupantes de edifícios de escritórios em um país em desenvolvimento. Dez conceitos identificados são consistentes com os padrões de construção do US WELL: Ar, Água, Nutrição, Luz, Movimento, Conforto Térmico, Som, Materiais, Mente e Comunidade. Três novos conceitos foram estabelecidos a partir desta pesquisa no contexto da Malásia: Segurança e proteção, Serviços de construção e manutenção e Infraestrutura de TI.

No EUA, os autores Baird & Joly (2022) apresentam um software capaz de automatizar as informações referentes aos recursos financeiros disponíveis e as necessidades descritas no plano de manutenção dos edifícios. Dessa forma, a ferramenta está diretamente relacionada ao gerenciamento do fluxo de caixa (receita atual usada para pagar pelas operações e manutenção), que por sua vez afeta várias métricas financeiras, como o caixa operacional disponível e o índice de cobertura da dívida.

Por fim, o estudo realizado em terminais rodoviários no Canadá por Bleasdale et al. (2022) apresenta um CMMS desenvolvido para consolidar métodos e sistemas existentes para gestão de ativos em um sistema prático, o qual incluiu matrizes como: Finanças, Desenvolvimento de Terminal, Planejamento e Projetos de Capital, Manutenção de Terminal, Padrões, Auditoria Interna, Cadeia de Suprimentos e Segurança. A visão de longo prazo é usar os dados de avaliação da condição, em conjunto com os Planos de Manutenção de Longo

Prazo, para desenvolver um painel indicando a integridade dos ativos de todos os 47 terminais marítimos, a fim de concentrar o esforço de manutenção e facilitar o planejamento de renovação da infraestrutura.

Considerações finais

Todos os setores da construção civil estão diretamente ligados ao desenvolvimento socioeconômico regionalmente e nacionalmente. Contudo, se faz necessário a adequação dos processos de produção aos princípios e pilares da Construção 4.0, que são frutos da quarta revolução industrial, responsável por causar impactos positivos na indústria da construção, sobretudo com o surgimento de tecnologias que tem como pontos chave a utilização da big data, inteligência artificial, robótica, simulação, internet das coisas (IoT), ciber segurança, computador em nuvem, manufatura aditiva, sistemas de integração e realidade aumentada.

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) destacou o avanço tecnológico que impacta as atividades de manutenção de edificações. Os Sistemas Informatizados de Gestão da Manutenção (CMMS) integram-se às tecnologias como BIM, Realidade Aumentada (RA), Drones, Sensores Inteligentes e Gêmeo Digital. Fato que pode otimizar a gestão da manutenção pela administração pública. A RSL apresentou também que em países desenvolvidos existe uma melhor adaptação das inovações tecnológicas, com destaque para a EUA, Canadá, Alemanha, Coreia do Sul, Inglaterra e Itália. Contudo, existem países, que mesmo utilizando os CMMS, não associaram todos os recursos existentes. Exemplos para o Brasil e a República do Quênia, que conforme as pesquisas apontaram utilizam os CMMS apenas para gerenciar manutenções corretivas, emissão de ordem de serviços e realização de cadastros. Outro fator importante, é que muitas vezes alguns CMMS não são utilizados para gerenciar a manutenção de toda edificação. Sistemas de climatização e elevadores tem recebido mais atenção que outros sistemas prediais, máquinas e equipamentos.

A gama de aplicações de novas tecnologias possibilitam o aumento da eficiência e produtividade neste setor, o que diminui o risco de erros, falhas e vícios por gestores da manutenção.

A utilização de tecnologias informatizadas desempenha um papel fundamental no processo de gestão da manutenção predial, trazendo uma série de benefícios e melhorias significativas, tais como: Gestão de Ativos, Monitoramento Remoto, Sensores e dispositivos conectados permitem o monitoramento remoto em tempo real, Agendamento e Priorização, Histórico e Documentação, Integração com Outros Sistemas, Tomada de Decisão Baseada em Dados.

Dito isso, a integração de tecnologias informatizadas no processo de gestão da manutenção predial em instituições públicas não apenas aumenta a eficiência operacional e a transparência, mas também contribui para a utilização mais eficaz dos recursos públicos e a melhoria dos serviços prestados à população.

Nesse sentido, recomenda-se que a pesquisa seja continuada, sugerindo a realização de um estudo comparativo entre edificações públicas que utilizam gestão informatizada e gestão analógica, e, mediante indicadores, elaborar um estudo de viabilidade técnica-econômica dos dois formatos de gestão.

Referências

Abreu, J. et al. (2013). Business processes improvement on maintenance management: A case study. *Procedia Technology*, 9, 320-330. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.036>

Abruzesse, D. et al. (2020). IoT sensors for modern structural health monitoring. A new frontier. *Procedia Structural Integrity*, 25, 378-385. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.04.043>

Alaloul, W. S. et al. (2018). *Revolução industrial IR 4.0: oportunidades futuras e desafios na indústria da construção*. In MATEC web de conferências. EDP Ciências.

Assaf, S., Awada, M., & Srour, I. (2020). Data Driven Approach to Forecast Building Occupant Complaints. In *Construction Research Congress 2020: Aplicações*

Informáticas (pp. 172-180). Reston, VA: Sociedade Americana de Engenheiros Civis. <https://doi.org/10.1061/9780784482865.019>

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014). *NBR 14.037: Manual de Operação, Uso e Manutenção das Edificações - Conteúdo e Recomendações para Elaboração e Apresentação*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). *NBR 15.575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). *NBR 17.170: Edificações – Garantias – Prazos recomendados e diretrizes*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). *NBR 5.674: Manutenção de edificações – procedimento*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). *NBR ISO 41.001: Facility management - Sistemas de gestão - Requisitos com orientações para uso*. Rio de Janeiro.

Accorsi, R. et al. (2019). A tailored maintenance management system to control spare parts life cycle. *Procedia Manufacturing*, 38, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.013>

Azevedo, J. L. (2021). *Avaliação da introdução de tecnologias provenientes da indústria 4.0 na construção civil em palma* (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Tocantins). Recuperado de <http://umbu.uft.edu.br/handle/11612/4046>

Baird, G. M., & Joly, J. P. (2022). How Can I Convince Finance to Fund My Asset Management Program? In *Pipelines 2022* (pp. 49-55). <https://doi.org/10.1061/9780784484289.006>

Bleasdale, T. et al. (2022). Inspection and Maintenance of Ferry Terminals: Risk Reduction and Cost Efficiency. In *Ports 2022 - 16ª Conferência Internacional Trienal* (pp. 601-611). <https://doi.org/10.1061/9780784484401.060>

Borrelli, E. M. Y., & Scheer, S. (2022). Aplicação da Modelagem da Informação da Construção nas atividades de manutenção e operação de edificações.

PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, 13, e022023-e022023.

<https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8665320>

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. (2020). *Manual de obras públicas – edificações – manutenção*. Práticas da SEAP. Projeto. Construção. Manutenção. Brasília.

Brasil. Tribunal de Contas da União. Secretaria-Geral de Controle Externo. Secretaria de Fiscalização de Obras de Infraestrutura Urbana. (2014). *Obras Públicas: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas* (4ª ed.). Brasília.

De Paula, J. C. B., & Corrêa, V. A. (2020). Integração entre os sistemas desk manager® e Business intelligence na gestão da manutenção. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 70615-70633. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-493>

Douglas, D., Kelly, G., & Kassem, M. (2021). BIM, Digital Twin and Cyber-Physical Systems: crossing and blurring boundaries. *arXiv preprint arXiv:2106.11030*.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.11030>

Firjan. (2016). *Indústria 4.0: Panorama da Inovação*.

Fouchal, F., Hassan, T. M., & Firth, S. K. (2014). Maintenance, Retrofit and Operation Decision Support Tool for Both Domestic and Non-domestic Buildings. In *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* (pp. 1699-1706). <https://doi.org/10.1061/9780784413616.211>

Fuller, J. et al. (2018). Performance-based maintenance contracting in Florida: Evaluation by surveys, statistics, and content analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144 (2), 05017021. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001429](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001429)

Garibaldi, B. C. B. (2020, January 8). *Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM*. Sienge. Recuperado de <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>

Gonçalves, T. A. et al. (2021). Inspeção predial nas dependências da Escola Estadual Professor Rafael

Magalhães de Itajubá-MG. *Research, Society and Development*, 10(5), e38310514473-e38310514473.

<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14473>

Grossi, M. G. R. et al. (2021). Aplicação dos pilares da indústria 4.0 na educação. *Cadernos UniFOA*, 16(47). <https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v16.n47.3727>

Guimarães, J. M. C. (2018). *Implementação de sistema de manutenção predial e equipamentos em estabelecimento assistencial de saúde do município do Rio de Janeiro* (Monografia, Escola Nacional de Administração Pública – ENAP). Recuperado de <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4242/1/Jos%c3%a9%20Mauro%20Carrilho%20Guimar%c3%a3es.pdf>

Handoko, B. et al. (2015). Building an in-house CMMS to simplify maintenance management in an oil and gas company. In *SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*. <https://doi.org/10.2118/176237-MS>

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>

IBAPE (2019). *Boletim Técnico Btec nº 2019/007: Inspeção predial*. São Paulo: IBAPE. Recuperado de <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2019/02/BTec-2019-007.pdf>

Jiang, T. et al. (2016). Application of Discrete-Event Simulation in the Quantitative Evaluation of Information Systems in Infrastructure Maintenance Management Processes. *Journal of Management in Engineering*, 32(2), 05015008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000403](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000403)

Johannes, K. et al. (2021). Identifying maturity dimensions for smart maintenance management of constructed assets: A multiple case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(9), 05021007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002112](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002112)

Kaiser, S. W. M. C., & Souza, D. F. (2022). Interfaces entre inspeção predial e segurança do trabalho: aplicação a um prédio público federal em Cuiabá/MT. *E&S Engineering and Science*, 11(3), 93-104.

<https://doi.org/10.18607/ES20221114823>

Kalumbu, R., Mutingi, M., & Mbohwa, C. (2016). Critical success factors for developing building maintenance strategies: A case of Namibia. In *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1402-1406). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798108>

Keele, S. et al. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering* (Ver. 2.3). EBSE Technical Report. Recuperado de https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf

Kim, K., & Yu, J. (2016). Improvement of facility condition assessment processes using BIM data. In *Construction Research Congress 2016* (pp. 2432-2442). Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784479827.242>

Lima, V. Y. S. D. et al. (2018). Indústria 4.0: Desafios e Perspectivas na Construção civil. *Campo do Saber*, 4(4).

Lobo, I. E. (2020). Método qualitativo, construção de pesquisa e entrevistas: Uma reflexão a partir do livro “A construção de uma identidade inacabada: Nipo-brasileiros no interior do Estado de São Paulo”. *Enfoques*, 17(1), 79-90.

Mazieri, D., & Quinto Jr., L. P. (2017). Comparison of environmental assessment methods, LEED for Schools, and AQUA-HQE, applied in Brazilian public schools, from the perspective of post-occupation and maintenance. In *International Conference on Sustainable Infrastructure 2017*. Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784481202.006>

Mendes, L. C. et al. (2022). Manutenção e funcionalidade das edificações como fatores dependentes da sua durabilidade estrutural. *Concilium*, 22(5), 32-46. <https://doi.org/10.53660/CLM-380-503>

Moreira, L. S., Ruschel, R. C., & Behzadan, A. H. (2018). Building owner manual assisted by augmented reality: A case from Brazil. In *Construction Research Congress 2018* (pp. 460-469). Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784481264.045>

Page, M. J. et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery*, 88, 105906.

Piaia, E., Costa, M. V. T., & Quinello, R. (2022). A percepção de gestores de facilities sobre o estado de conservação das infraestruturas prediais no Estado de São Paulo. *E&S Engineering and Science*, 11(2), 18-30. <https://doi.org/10.18607/ES20221113805>

Pishdad-Bozorgi, P. et al. (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>

PRISMA Group. (2020). *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement*. Recuperado de <http://prisma-statement.org>

Průšková, K. (2020). Building information management as a tool for managing knowledge throughout whole building life cycle. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.

Qiuchen, L. et al. (2020). Developing a digital twin at building and city levels: Case study of West Cambridge campus. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 05020004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000763](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000763)

Ribeiro, M. S. (2003). A contribuição dos processos industriais de construção para adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil. *Revista Vértices*. <https://doi.org/10.5935/1809-2667.20030021>

Rodrigues, B. N. et al. (2023). Digital survey applied to the assessment of pathological manifestations in the architectural heritage of monte alegre in Piracicaba/SP. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s41024-023-00306-1>

Roscoff, N. S., Costella, M. F., & Pilz, S. E. (2020). Desenvolvimento de software para gestão da manutenção preventiva em edificações habitacionais. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 18(1), 1-8. <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1160>

Sacramento, J. A., & Ribeiro, N. M. (2020).

Prospecção tecnológica aplicada à gestão da manutenção de equipamentos industriais. In *VI ENPI - Encontro Nacional de Propriedade Intelectual*. Recuperado de <https://www.novoperfil.pt/Artigos/391607-BIM-a-metodologia-de-trabalho-revolucionadora.html>

Sakurai, R., & Zuchi, J. D. (2018). As revoluções industriais até a indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 480-491. <https://doi.org/10.31510/inf.v15i2.386>

Santos, G. C. F., Alves, R. B., & Pinheiro, E. C. N. M. (2021). Manutenção predial hospitalar sala de raio-x. *Brazilian Journal of Development*, 7(11), 108340-108352. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-459>

Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution: What it means and how to respond*. Foreign Affairs. Recuperado de <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-1212/fourth-industrial-revolution>

Senra, P., Lopes, I., & Oliveira, J. A. (2017). Supporting maintenance scheduling: A case study. *Procedia Manufacturing*, 11, 2123-2130. <https://doi.org/10.2118/176237-MS>

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial [SENAI] (2019). *Mercado de trabalho da Indústria 4.0*.

Shrestha, K., Shrestha, P., & Kandie, T. K. (2014). A road maintenance management tool for rural roads in Kenya. In *Construction Research Congress 2014: Construção em uma rede global* (pp. 289-298).

Silva, A. D. (2019). Impactos da Indústria 4.0 na construção civil brasileira. *Brazilian Journal of Development*, 5(10), 2-4. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-210>

Silva, M. P. B. et al. (2022). Implantação da gestão de manutenção predial na UFAL – Campus Sertão. *Gestão & Planejamento-G&P*, 23(1). <https://doi.org/10.53706/gep.v.23.6669>

Tang, S. et al. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction*, 101, 127-139. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.020>

Viana, M. R. et al. (2022). Proposição de modelo de

maturidade para as equipes de manutenção: Estudos de casos em instituições públicas. *Ambiente Construído*, 22(2), 43-59. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000200593>

Wienker, M., Henderson, K., & Volkerts, J. (2016). The computerized maintenance management system: An essential tool for world class maintenance. *Procedia Engineering*, 138, 413-420. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.100>