PROPOSTA DE FRAMEWORK PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Proposal for a Framework for the Implementation of New Technologies in Smart Buildings

Reinaldo dos Santos Rosa de Almeida
Universidade Comunitária da Região de Chapecó | Brasília, DF | contato@automacaosmart.com.br

Francieli Dalcanton
Universidade Comunitária da Região de Chapecó | Chapecó, Santa Catarina | fdalcanton@unochapeco.edu.br

Marcelo Fabiano Costella
Universidade Comunitária da Região de Chapecó | Chapecó, Santa Catarina | costella@unochapeco.edu.br

RESUMO

A adoção de tecnologias avançadas em Edifícios Inteligentes (EIs) representa um desafio crescente na construção civil brasileira, especialmente diante da ausência de processos estruturados que garantam eficiência, interoperabilidade e atualização tecnológica contínua. Este estudo, vinculado a uma pesquisa de doutorado, propõe um framework de gestão baseado no ciclo PDCA para orientar a implantação de tecnologias inteligentes em edificações. O modelo foi desenvolvido a partir de revisão bibliográfica e análise técnica aplicada em estudos de caso, com foco na integração entre infraestrutura predial e sistemas. Os resultados esperados com a aplicação do framework incluem a redução de custos, melhoria nos prazos, padronização de processos e aumento da eficiência operacional. O modelo também contribui para a superação de barreiras como a falta de mão de obra qualificada e a escassez de normativas específicas. Como contribuição, o framework fornece uma estrutura metodológica adaptável à realidade dos projetos nacionais, promovendo controle contínuo, escalabilidade e suporte à inovação tecnológica no ciclo de vida das edificações inteligentes.

Palavras-chave: PDCA; Edifícios Inteligentes; Construção Civil; Gestão de Processos; Tecnologia da Informação e Comunicação.

ABSTRACT

The adoption of advanced technologies in Smart Buildings (SBs) represents a growing challenge in the Brazilian construction sector, particularly due to the absence of structured processes that ensure efficiency, interoperability, and continuous technological upgrading. This study, part of a doctoral research project, proposes a management framework based on the PDCA cycle to guide the implementation of innovative technologies in buildings. The framework was developed from a literature review and technical analysis of case studies, with a focus on the integration between building infrastructure and systems. The expected outcomes from applying this framework include cost reduction, improved project timelines, process standardization, and enhanced operational efficiency. The model also helps overcome barriers such as the shortage of skilled labor and the lack of specific technical standards. As its main contribution, the framework provides a methodological structure adaptable to the reality of national projects, promoting continuous control, scalability, and support for technological innovation throughout the smart building lifecycle.

Keywords: PDCA; Smart Buildings; Civil Construction; Process Management; Information and Communication Technology.

1 INTRODUÇÃO

Edifícios inteligentes (EIs) têm sido amplamente estudados nas últimas décadas, caracterizando-se pela integração de tecnologias de automação, monitoramento e controle, com o intuito de otimizar o uso de recursos e melhorar a experiência dos ocupantes. Apesar da consolidação do conceito, ainda há divergências quanto à terminologia utilizada, especialmente entre os termos “smart buildings” e “intelligent buildings”, os quais muitas vezes são empregados de forma intercambiável. Estudos recentes apontam que essas distinções estão mais relacionadas ao grau de autonomia e integração das tecnologias aplicadas do que a uma diferença conceitual propriamente dita (Apanavičienė; Vanagas; Fokaides, 2020; GhaffarianHoseini *et al.,* 2018; Mahdavinejad *et al.,* 2025). No entanto, há consenso de que essas edificações devem ser capazes de se adaptar dinamicamente às necessidades dos usuários, promovendo eficiência energética, conforto e sustentabilidade ambiental.

Apesar do avanço tecnológico e da crescente demanda por construções mais eficientes e conectadas, a adoção de tecnologias inovadoras em edifícios inteligentes ainda enfrenta barreiras significativas de natureza operacional, cultural e gerencial. Essa realidade evidencia a necessidade de ferramentas metodológicas atualizadas que orientem a implementação dessas soluções, promovendo integração sistêmica e melhoria contínua (Mahdavinejad *et al.,* 2025; Zhang *et al.,* 2023). Entre os principais entraves observados estão a fragmentação entre disciplinas técnicas, a ausência de diretrizes normativas claras, o elevado custo de implantação e, sobretudo, a escassez de profissionais com formação adequada para gerir essas tecnologias em ambientes complexos (Affonso *et al*., 2024; GhaffarianHoseini *et al.,* 2018). Essa conjuntura torna o desenvolvimento de EIs ainda mais desafiador para as engenharias, principalmente no que diz respeito à compatibilização entre sistemas construtivos e energia (Mahdavinejad *et al.,* 2025).

As tecnologias empregadas em edifícios inteligentes demandam conhecimentos específicos por parte das equipes envolvidas na gestão de projetos, construção, operação e manutenção, exigindo pessoal qualificado (Vargas *et al.,* 2022). Essas equipes lidam, entre outros desafios, com o gerenciamento de grandes volumes de dados provenientes dos sistemas prediais gestão de obra (Costa; Farias, 2020; Moraes; Fonseca, 2021; Marinakis, 2020). Uma alternativa que surge é a aplicação do método PDCA para que o setor de engenharia seja capaz de identificar o núcleo dos problemas, evitando que o mesmo ocorra novamente, mantendo então a qualidade dos processos e do empreendimento (Abreu; Cunha, 2019).

O ciclo PDCA tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão do empreendimento. O método PDCA pode ser usado em vários setores e de diferentes formas, este método traz muitas vantagens extraordinárias de custos, qualidade e produtividade. Mas para que isso ocorra é necessário que seja aplicado desde o início do projeto de processos ou produtos (Neves, 2007).

O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo de framework baseado no ciclo PDCA, estruturado a partir de estratégias de aplicação e abordagem voltadas à construção civil de edifícios inteligentes. A proposta é oferecer um modelo sistemático para o gerenciamento e a resolução de problemas, promovendo o controle eficiente de cada etapa do processo construtivo — desde o planejamento até a entrega final. São discutidos os benefícios que essa metodologia pode trazer para diferentes contextos de aplicação, bem como os desafios que ainda precisam ser superados pelas empresas, especialmente em um setor historicamente resistente à inovação (Sena *et al.,* 2025).

2 EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Os Edifícios Inteligentes (EIs) são definidos como construções capazes de integrar tecnologias avançadas de automação, monitoramento e controle, com o objetivo de otimizar o uso dos recursos físicos e digitais, promovendo eficiência energética, conforto dos ocupantes, segurança operacional e sustentabilidade (Affonso *et al.,* 2024; GhaffarianHoseini *et al.,* 2018). Entre suas principais características, destacam-se a integração de sistemas HVAC, controle de acesso, automação de iluminação, monitoramento de segurança, redes de comunicação e plataformas de gestão de energia em tempo real (Mahdavinejad *et al.,* 2025).

Construir um EIs é decorrido de desafios e oportunidades, diante tecnologias as infraestruturas desses edifícios, as mesmas devem ser preparadas para suportar tecnologias presentes e futuras, Edifícios inteligentes têm como pilares a automação, a multifuncionalidade e a adaptabilidade, permitindo que os sistemas internos se ajustem conforme as necessidades dos ocupantes e as condições ambientais (Vargas *et al.,* 2022).

Em um cenário de desenvolvimento tecnológico acelerado e com a necessidade de integrar tecnologias recém-desenvolvidas, identificar barreiras e desafios para o desenvolvimento de projetos de edifícios

inteligentes torna-se crucial para alcançar resultados mais assertivos e alinhados com as expectativas do projeto (Qolomany *et al.*, 2019). O uso da Tecnologia da Informação para gerenciar edifícios, envolve desde a aplicação de sistemas automatizados a infraestruturas de redes e operações de um edifício. A T.I. permite a integração de diversos sistemas, como iluminação, segurança, HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e outros, proporcionando eficiência energética, conforto, segurança aumentada e manutenção preditiva através da coleta e análise de dados. A complexidade dos projetos e a ausência de normatização são entraves comuns na incorporação um Eis, além dos altos custos iniciais, a necessidade de mão de obra qualificada e a escassez de padrões técnicos consolidados. A falta de planejamento integrado e de acompanhamento de desempenho reduz a efetividade das soluções tecnológicas (Albuquerque; Silveira Junior, 2021).

Do ponto de vista da gestão, a realização de projetos de edifícios inteligentes apresenta um conjunto específico de desafios que extrapolam as dificuldades técnicas de implementação. Vargas et al. (2022) destacam que, mesmo diante do avanço das tecnologias da Indústria 4.0, a gestão de empreendimentos inteligentes permanece limitada por entraves estruturais, como a ausência de padronização e normativas. Tais obstáculos refletem não apenas questões técnicas, mas também falhas sistêmicas na estrutura da indústria da construção civil e na formulação de diretrizes regulatórias. No âmbito da gestão estratégica, a condução de projetos relacionados a edifícios inteligentes ocorre em um cenário dinâmico, constantemente impactado por inovações tecnológicas. Esse contexto exige que os gerentes de projeto estejam alinhados com os objetivos estratégicos da organização para garantir o êxito na entrega dos resultados esperados.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa, vinculada a uma pesquisa de doutorado, adota uma abordagem qualitativa, aplicada e exploratória, com o objetivo de propor um framework baseado no ciclo PDCA para orientar a implementação de tecnologias em edifícios inteligentes. A investigação foi conduzida por meio de múltiplas estratégias metodológicas, organizadas em três etapas principais: revisão bibliográfica, análise documental e estudo empírico com observação participante.

A revisão bibliográfica foi realizada com foco em publicações nacionais e internacionais, priorizando artigos indexados e normas técnicas. buscando identificar conceitos-chave relacionados a edifícios inteligentes, gestão de projetos, integração de tecnologias e metodologias PDCA.

A análise documental envolveu o exame de plantas arquitetônicas, memoriais descritivos, relatórios técnicos e cronogramas físicos de três edifícios reais localizados em Barreiras – BA. Os empreendimentos analisados foram selecionados com base na tipologia (residencial e mista), número de pavimentos e grau de integração tecnológica. Essa etapa teve como objetivo identificar analisar infraestruturas de edificações inteligentes, lacunas na comunicação entre disciplinas e desafios práticos enfrentados na construção de edifícios inteligentes.

Quadro 1: Edifícios Analisados

FRAMEWORK ATIVIDADES EIS - PDCA				
PAIS	EDIFICIO	PAVIMENTOS	TIPO	INTELIGÊNCIA
BRASIL	EDIFICIO V.	12	Misto	SIM
BRASIL	EDIFICIO C. M.	14	Residencial	SIM
BRASIL	EDIFICIO B.	12	Residencial	SIM

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise dos edifícios inteligentes (Quadro 1) foi fundamentada em uma abordagem qualitativa aplicada, com foco na interpretação de práticas reais observadas em campo. Essa opção metodológica é sustentada por uma base teórica sólida, e a chegada do desenvolvimento sólido do framework.

A etapa empírica foi conduzida com base na observação participante, conforme propõem Minayo (2001) e Creswell (2010), com acompanhamento in loco das obras por parte do pesquisador. Foram realizadas visitas técnicas, reuniões com equipes de projeto e execução, além de registros fotográficos e anotações de campo. Essa vivência permitiu interpretar os dados à luz da realidade prática da construção civil.

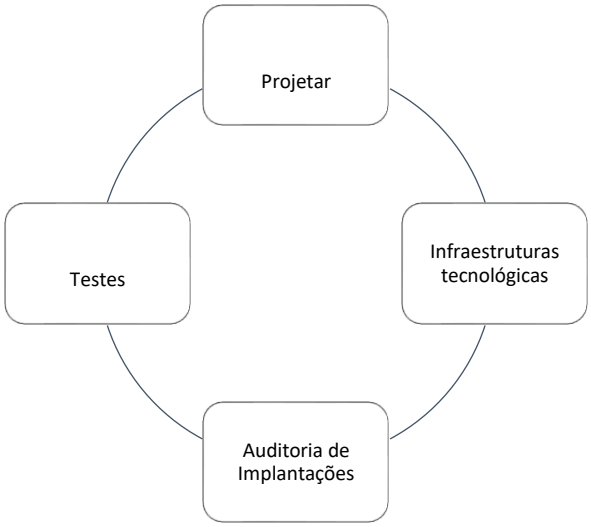
Além disso, a experiência profissional do pesquisador engenheiro atuante nas edificações foi utilizada como elemento complementar de análise, conforme Bogdan e Biklen (1994). Essa experiência foi sistematizada por meio da elaboração de relatórios comparativos entre os casos estudados.

Por fim, o ciclo PDCA foi adotado como eixo estruturante do framework proposto, permitindo organizar os dados em quatro macroetapas (Planejar, Executar, Verificar e Agir). As atividades observadas foram categorizadas segundo essa lógica, compondo uma estrutura metodológica voltada à padronização e melhoria contínua na implementação de soluções inteligentes.

4 PROPOSTA DE FRAMEWORK

O ciclo apresenta a proposta de um *Framework* da gestão do projeto de uma edificação inteligente baseado no PDCA (Figura 1). Os processos construtivos e metodológicos estão detalhados no Quadro 2 para alcançar o objetivo de uma edificação eficiente.

Figura 1: Ciclo EIS - PDCA



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2: Framework Técnicas Aplicação EIS - PDCA

Etapa	Objetivo	Resultados Esperados	Benefícios Estratégicos
Projetar	Estabelecer diretrizes estratégicas, técnicas e operacionais para o projeto do edifício inteligente.	Documentos técnicos, plano de integração, estudo de viabilidade e definição de requisitos.	Antecipação de necessidades futuras e definição clara dos requisitos.
Infraestruturas Tecnológicas	Desenvolver infraestruturas tecnológica e os sistemas previstos no planejamento.	Infraestrutura instalada, sistemas operacionais e registros de inconsistências.	Redução de custos, eliminação de retrabalhos e cumprimento de prazos.
Auditorias de Implantações	Avaliar o desempenho dos sistemas instalados e infraestruturas, identificar falhas e oportunidades de melhoria.	Relatórios de auditoria, diagnóstico técnico e recomendações de ajustes.	Melhoria contínua com base em evidências e dados operacionais.
Verificação de testes e tecnologias	Executar ações corretivas e preventivas, revisar processos e planejar inovações futuras.	Ações aplicadas, processos atualizados e soluções padronizadas para replicação.	Longevidade tecnológica, resiliência organizacional e cultura de inovação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 PROJETAR

Durante esse estágio são definidos os objetivos estratégicos do empreendimento, assim como os requisitos funcionais, técnicos e econômicos que irão orientar todas as fases seguintes. O planejamento deve considerar as necessidades dos usuários e do tipo do edifício, as tendências tecnológicas atuais e a possibilidade de evolução dos sistemas ao longo do ciclo de vida da edificação.

4.1.1 Atividades tecnológicas e projetos: As definições devem partir de um processo estruturado de briefing, etapa essencial para garantir a integração dos sistemas. Em seguida, a realização do planejamento dos projetos e sua compatibilização com as demais disciplinas. Nessa fase, são selecionadas as tecnologias envolvidas, com foco em uma visão estratégica para a escolha, integração e definição dos softwares que serão utilizados.

4.1.2 Estudo de viabilidade econômica: A implantação de tecnologias em edifícios inteligentes exige um estudo prévio de viabilidade, considerando as dimensões econômica, técnica e ambiental. Essa etapa permite avaliar a compatibilidade das soluções com o orçamento, a operação e os objetivos sustentáveis do empreendimento. Inclui-se a análise de custo-benefício, retorno sobre o investimento e potencial de redução de despesas operacionais.

4.1.3 Planejamento de integração com sistemas inteligentes da edificação: Definir os protocolos de comunicação entre sistemas para garantir a integração segura de sensores IoT e redes de dados, isso assegura operações mais eficientes, automação de tarefas e redução do consumo energético, com foco na escalabilidade e atualização tecnológica.

4.2 INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICAS

É uma etapa crítica no processo de implementação dos Eis, sendo responsável por garantir que a base física da edificação suporte os sistemas e funcione de forma eficiente, segura e escalável.

4.2.1 A preparação das infraestruturas prediais: Esse processo envolve a execução de infraestruturas físicas, como dutos, *shafts*, tubulações, caixas de passagen, eletrocalhas e sistemas de alimentação elétrica, suportando as demandas dos sistemas de automação, comunicação e controle definidas na etapa de projeto essa execução de infraestruturas comumente liderada pela equipe da engenharia civil por se tratar de implantações estruturais.

4.2.2 A escolha dos prestadores de serviços tecnológicos: Contratar fornecedores técnico especializado após a execução das infraestruturas físicas, serão eles que devem atuar de forma qualificada a fase de implantação projeto, comissionamento e manutenção. A falta de competência técnica pode comprometer a interoperabilidade e limitar a escalabilidade do edifício inteligente.

4.2.3 Registro de Inconsistências e Ocorrências: Mantenha um sistema eficaz de registro de inconsistências das execuções, documente em software ou físico falhas e alterações de processo de infraestrutura, e inconsistências nos memoriais descritivos esses registros permite identificar ocorrências sistêmicas, rastrear e reparar a origem de eventos indesejados, gerando um documento de lições para melhorias contínuas nas etapas seguintes.

4.3 AUDITORIA DE IMPLANTAÇÕES

A Auditoria de Implantações inclui análises e registros das tecnologias implantadas, e deve ser desenvolvida com base no (4.2.3 *Registro de Inconsistências e Ocorrências)* essa etapa busca analisar e construir um diário de bordo de correções de processos.

4.3.1 Levantamento de falhas e correções: Consiste na análise contínua de inconsistências previamente registradas com foco de corrigi-las, as ações incluem apresentação de melhorias de firmware, reconfiguração de sensores, ajustes de protocolos de comunicação e projetos de intervenções físicas, como adaptações em zonas técnicas e ou substituição de cabeamentos após seus testes. Essas interversões visam garantir a melhor adaptação da edificação.

4.3.2 Desenvolvimento de relatório de auditória: Consiste na elaboração de um plano de melhorias e correções com base nos achados e recomendações resultantes do processo de auditoria. O relatório deve conter diretrizes específicas para cada setor envolvido e o direcionamento da equipe ou prestador, promovendo guias de lições aprendidas e de não conformidades à otimização contínua dos sistemas e processos auditados.

4.4 VERIFICAÇÃO DE TESTES E TECNOLOGIAS

Nessa etapa visa garantir a estabilidade operacional do edifício inteligente por meio de testes e diagnósticos incluindo testes periódicos de desempenho, o objetivo é garantir a interoperabilidade dos sistemas e alinhar a operação segurança e garantia dos fabricantes.

4.4.1 Verificação e Testes: Devem ser realizados testes de estresse dos sistemas para avaliar a fluidez e o desempenho de todas as tecnologias implementadas, conforme as orientações dos manuais dos fabricantes e as condições reais de usabilidade. Avaliações como simulações de falhas (bugs), sobrecarga de logs e situações de superaquecimento são fundamentais para validar a robustez e a confiabilidade das soluções adotadas.

4.4.2 Testes Positivos: Após os testes e sejam positivos a apresentação de lições aprendidas é essencial para retroalimentar o processo de melhoria contínua nas edificações inteligentes. Após cada ciclo de testes e operação, devem ser registradas, esses registros devem compor o repositório técnico que sirva como base para outras edificações.

4.4.2 Testes negativos: Em caso de falhas apresentadas o replanejamento estratégico dessas correções deve seguir a base inicial da metodologia o item 4.1 PROJETAR (PLAN) em um processo de infinito para as demais etapas como apresenta na Figura 1 – Ciclo EIS – PDCA. A consolidação dessas ações fortalece a governança operacional do edifício e cria as bases para ciclos de inovação e melhoria contínua.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados esperados com a aplicação do framework baseado no ciclo PDCA desdobram-se em múltiplas dimensões, abrangendo aspectos operacionais, estratégicos e organizacionais na construção de edifícios inteligentes. Em primeiro plano, destaca-se a capacidade do modelo de promover a melhoria contínua dos processos tecnológicos por meio de ciclos iterativos de planejamento, execução, verificação e correção. Essa lógica cíclica é fundamental para enfrentar as dinâmicas e incertezas inerentes à inovação tecnológica no setor da construção civil.

Adicionalmente, espera-se que a aplicação do framework contribua significativamente para a redução de custos, tanto na fase de implantação quanto durante a operação dos edifícios. Essa economia decorre da padronização de procedimentos, da eliminação de retrabalhos e do uso racional de recursos, princípios fortemente alinhados à filosofia do Lean Construction. Além disso, a estrutura do PDCA favorece o cumprimento de prazos previamente estabelecidos, sobretudo quando associada a ferramentas de detalhamento de atividades que ampliam a previsibilidade e o controle sobre o cronograma das obras.

No campo técnico, o framework busca assegurar a integração entre os sistemas de automação e a infraestrutura predial, promovendo interoperabilidade e compatibilidade entre soluções oriundas de diferentes fabricantes. Essa integração é viabilizada pelo uso de plataformas de gestão de TIC, as quais oferecem suporte à coleta, análise e visualização de dados em tempo real, fortalecendo a tomada de decisões com base em evidências.

Sob a perspectiva organizacional, a proposta revela-se relevante ao estimular a comunicação entre os diversos agentes envolvidos no projeto e ao promover uma gestão colaborativa. A definição de metas claras e de indicadores de desempenho favorece o alinhamento entre os participantes, aumentando a transparência e a eficiência na execução dos processos. Ademais, a flexibilidade e a escalabilidade do framework ampliam suas possibilidades de replicação em diferentes contextos, contribuindo para a maturidade organizacional e o fortalecimento de uma cultura de inovação tecnológica no setor da construção.

Por fim, destaca-se o potencial do modelo em viabilizar a atualização contínua das tecnologias implementadas, favorecendo a longevidade e a resiliência dos edifícios inteligentes diante das constantes transformações do mercado e das crescentes exigências por sustentabilidade ambiental e digital.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. H. S.; CUNHA, J. D. C. Aplicação do método PDCA para melhoria do processo construtivo. **Boletim do Gerenciamento**, n. 9, 2019. Disponível em: https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/240. Acesso em: 4 maio 2025.

ALBUQUERQUE, F. M.; SILVEIRA JUNIOR, C. R. A inteligência dos prédios., 2021. em: **Coletânea da Pós-graduação em Telecomunicações: prédios inteligentes** V.2 Capitulo 7 2021. Disponível em: https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-5360-302-8.pdf. Acesso em: 4 maio 2025.

AFFONSO, E. O. T. *et al.* The main barriers limiting the development of smart buildings. **Buildings,** v. 14, n. 6, p. 1726, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/buildings14061726. Acesso em: 6 jul. 2025.

APANAVIČIENĖ, Rasa; VANAGAS, Andrius; FOKAIDES, Paris A. *Smart Building Integration into a Smart City (SBISC): Development of a New Evaluation Framework*. **Energies**, Basel, v. 13, n. 9, p. 1–19, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en13092190. Acesso em: 6 jul. 2025.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto Alegre: Artmed, 1994.

COSTA, E. R.; FARIAS, M. Gestão predial e manutenção inteligente: estudo de caso**. Revista de Gestão e Projetos**, v. 11, n. 1, p. 78-91, 2020. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/regepro/article/view/45634. Acesso em: 4 maio 2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GHAFFARIANHOSEINI, A.; ALWAER, H.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; CLEMENTS-CROOME, D.; BERARDI, U.; RAAHEMIFAR, K.; TOOKEY, J. *Intelligent or smart cities and buildings: a critical exposition and a way forward*. **Intelligent Buildings International Journal**, v. 10, n. 2, p. 122–129, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1080/17508975.2017.1394810. Acesso em: 10 jul. 2025.

MARINAKIS, Vangelis. Big data for energy management and energy-efficient buildings. **Energies**, v. 13, n. 7, p. 1555, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en13071555. Acesso em: 10 jul. 2025.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: Pesquisa qualitativa. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

MAHDAVINEJAD, M. J.; GHOLAMI, H.; KAMELNIA, H.; SANGIN, H. *Optimizing building configuration and orientation for social housing projects in Iran*. **Iranica Journal of Energy & Environment**, v. 16, n. 2, p. 162–169, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.5829/ijee.2025.16.02.11. Acesso em: 10 jul. 2025.

NEVES, A. C. **Qualidade Total na Prática**. São Paulo: Pioneira, 2007.

QOLOMANY, B. *et al.* Smart Buildings: A Comprehensive Review**. Sustainable Cities and Society**, v. 45, p. 34-43, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670718309486. Acesso em: 4 maio 2025.

SENA, A. G. S. *et al.* Impacto da inovação e tecnologia na engenharia civil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro,** v. 5, n. 10, p. 96-103, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/390324012. Acesso em: 5 maio 2025.

MORAES, Carmelina Suquere de; FONSECA, André Luiz Amorim da. Automação predial: tecnologia e gestão em prol da eficiência energética em prédios públicos. In: Automação predial: tecnologia e gestão em prol da eficiência energética em prédios públicos. Cap. 5, p. 71–86, 2021. Disponível em: https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210805606. DOI: https://doi.org/10.37885/210805606. Acesso em: 10 jul. 2025.

VARGAS, R. V. *et al.* Barriers and Challenges of Smart Buildings Projects in the Context of Construction 4.0. In: **Latin american conference on sustainable development of energy, water and environment** Paulo, 2022. Disponível em:https://rvdownloads.s3.amazonaws.com/uploads/downloads/articles/2022/articles_barriers_and_challenges_of_smart_buildings_projects_in_the_context_of_construction_4.0.pdf. Acesso em: 4 maio 2025.

ZHANG, Haoran, LIU, Zhengguang; GUO, Zhiling; CHEN, Qi; SONG, Chenchen; SHANG, Wenlong; YUAN, Meng;. A review of data-driven smart building-integrated photovoltaic systems: Challenges and objectives. **Energy,** [S. l.], v. 263, parte E, p. 126082, 15 jan. 2023. ISSN 0360-5442. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126082. Acesso em: 10 jul. 2025.