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.v21i1.8979

A inspeção é suficiente? Uma análise das limitações em práticas de verificação na construção modular

Is inspection sufficient? An analysis of the limitations of verification practices in modular construction

Mozzara Oliveira da Fonseca
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | mozzarafonseca@gmail.com
Iamara Rossi Bulhões
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | iamara.bulhoes@ufrgs.br
Carlos Torres Formoso
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | formoso@ufrgs.br
Aline Zini
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | azini.eng@gmail.com

Resumo

A construção modular vem sendo discutida como uma alternativa para melhorar a qualidade, a previsibilidade do tempo de conclusão das tarefas e a eficiência no uso de recursos quando comparada ao método de construção tradicional. Entretanto, as práticas de gestão da qualidade ainda dependem de uma gestão da informação de qualidade orientada ao preenchimento de formulários, o que tende a ser ineficiente. Em razão disso, o objetivo deste artigo é apresentar uma análise das limitações existentes nas práticas de inspeção em uma empresa de construção modular, e propor melhorias necessárias para o alcance de um sistema baseado em *Built-in Quality* (BiQ - Qualidade Incorporada) para apoiar a integração da qualidade em todas as etapas da produção, desde a montagem em fábrica até a finalização da obra. Para isso, foi conduzido um estudo de caso comparativo entre a fábrica e uma obra da empresa, para avaliar as inspeções nos módulos. Os resultados apontam para possíveis inconsistências no processo de avaliação da qualidade, demonstrando ótima oportunidade para inserção da BiQ. O estudo apresenta uma contribuição teórica ao demonstrar quais são as práticas de verificação e as ferramentas necessárias para incorporar a qualidade.

Palavras-chave: Qualidade. Qualidade Incorporada. Não Conformidade. Construção Modular.

Abstract

Modular construction has been discussed as an alternative to improve quality, the predictability of task completion times, and resource compared with traditional construction methods. However, quality management practices still rely on the completion of inspection forms to manage quality information, which tends to be inefficient. Therefore, the objective of this paper is to analyze the limitations of current inspection practices in a modular construction company and to propose the improvements required to achieve a Built-in Quality (BiQ) system that supports the integration of quality throughout all stages of production, from factory assembly to on-site project completion. A comparative case study was conducted between the company's factory and a construction site to evaluate module inspections. The results indicate potential inconsistencies in the quality assessment process, highlighting a strong opportunity for implementing BiQ. This study makes a theoretical contribution by identifying the verification practices and tools required to incorporate quality into the production process.

Keywords: Quality. Built-in Quality. Nonconformance. Modular Construction.

Como citar:
FONSECA, M.O.; BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T.; ZINI, A. A inspeção é suficiente? Uma análise das limitações em práticas de verificação na construção modular. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

A qualidade constitui um dos aspectos relevantes de um projeto de construção, com implicações diretas na conformidade aos requisitos estabelecidos e no atendimento ao uso pretendido do produto e à satisfação do usuário [1][2][3]. A qualidade é um "grau previsível de uniformidade e confiabilidade" [4], é também um "catalisador que faz a diferença entre o sucesso e o fracasso" de um produto [5]. Dessa forma, a preocupação em garantir a uniformidade dos produtos, levou ao surgimento da atividade de inspeção, com o objetivo de manter a conformidade com o modelo padrão [6].

A inspeção pode contribuir para reduzir retrabalhos e atrasos em projetos. No entanto, para assegurar a qualidade, é essencial acompanhar os processos de forma contínua ao longo de toda a sua execução, não apenas ao término da tarefa [7]. Nessa perspectiva, a filosofia *Lean* propõe o conceito de *Built-in Quality* (BiQ - Qualidade Incorporada), que prioriza a qualidade na fonte, ou seja, incorporar a qualidade durante todas as etapas do processo construtivo, a fim de prevenir erros e a garantir a qualidade, em substituição à inspeção pontual final [8][9][10]. Frequentemente, nota-se que as inspeções são realizadas somente após a conclusão de uma tarefa, o que dificulta as correções e prejudica a capacidade de ajustar os erros identificados [7].

Adicionalmente, a *Lean Production* propõe práticas voltadas à redução de desperdícios, como a eliminação de defeitos, a diminuição no tempo de fabricação e a minimização de estoques intermediários com produtos inacabados, priorizando a eliminação de atividades que não agregam valor [11][12]. Em 1992, Koskela propõe que o processo construtivo é formado por atividades de conversão, que agregam valor, e por atividades de fluxo como transporte, esperas e inspeção, que não agregam valor [12]. Nesse contexto, a inspeção, embora não agregue valor, deve ser simplificada e orientada à prevenção de falhas.

A atividade de inspeção na construção civil ainda é frequentemente realizada por pessoas, o que a torna suscetível a erros inerentes ao fator humano [13]. O erro é uma característica intrínseca ao processo de produção, decorrente de falhas em ações, julgamentos ou tomadas de decisão, podendo resultar em não conformidades e retrabalho [14]. Nesse contexto, o defeito é compreendido como consequência de erros humanos, implicando na necessidade de correções, retrabalhos e na geração de custos adicionais que poderiam ser evitados com a execução adequada na primeira vez [15]. Esse defeito tende a se multiplicar quando a inspeção é postergada, gerando mais retrabalho e perdas de material e, também, atrasos no cronograma [16].

A adoção de sistemas de construção industrializados vem crescendo em resposta à necessidade de melhoria da qualidade e as condições de trabalho, além de reduzir a duração e o custo dos projetos [17]. Na construção modular, a maior parcela das atividades que agregam valor, concentra-se na produção dos módulos pré-fabricados, caracterizados por maior nível de acabamento e executados em ambientes com características semelhantes à manufatura. O processo envolve a fabricação desses

componentes em instalações fabris, seguida de seu transporte e posterior montagem no canteiro de obras [18].

Apesar dos benefícios da construção industrializada, a aplicação desses sistemas ainda enfrenta desafios significativos devido a práticas obsoletas de gestão, além dos desafios associados à inovação tecnológica. Problemas relacionados à qualidade do processo produtivo permanecem como questões amplamente discutidas [19] e, ainda, sem respostas claras. Portanto, torna-se essencial desenvolver modelos inovadores que apoiem e automatizem o processo de gestão de informações, a fim de aprimorar o controle da qualidade desde a produção dos componentes até a montagem final em canteiro de obras.

Embora diversos estudos reconheçam que o controle de qualidade na construção civil está fortemente associado às atividades de inspeção [2][3][7][16], poucos trabalhos investigaram as limitações que essa dependência impõe ao processo produtivo, especialmente no que se refere à detecção tardia de não conformidades na construção modular. Nesse sentido, existe a necessidade de explorar como as inspeções de qualidade são realizadas e como esse processo precisa evoluir para que a qualidade deixe de ser dependente das inspeções e passe a incorporar os princípios da BiQ. Diante dessa lacuna, este estudo realiza uma análise exploratória do sistema de gestão da qualidade em uma empresa ainda fortemente centrada nas atividades de inspeção. Assim, este artigo propõe-se a apresentar uma avaliação dos dados de inspeção da linha de produção em uma fábrica e de inspeção de recebimento em uma obra de uma empresa de construção modular, com o objetivo de identificar as principais limitações das práticas atualmente adotadas, propor diretrizes de melhoria e apontar oportunidades que contribuam para uma abordagem mais integrada da qualidade e menos dependente das atividades de inspeção.

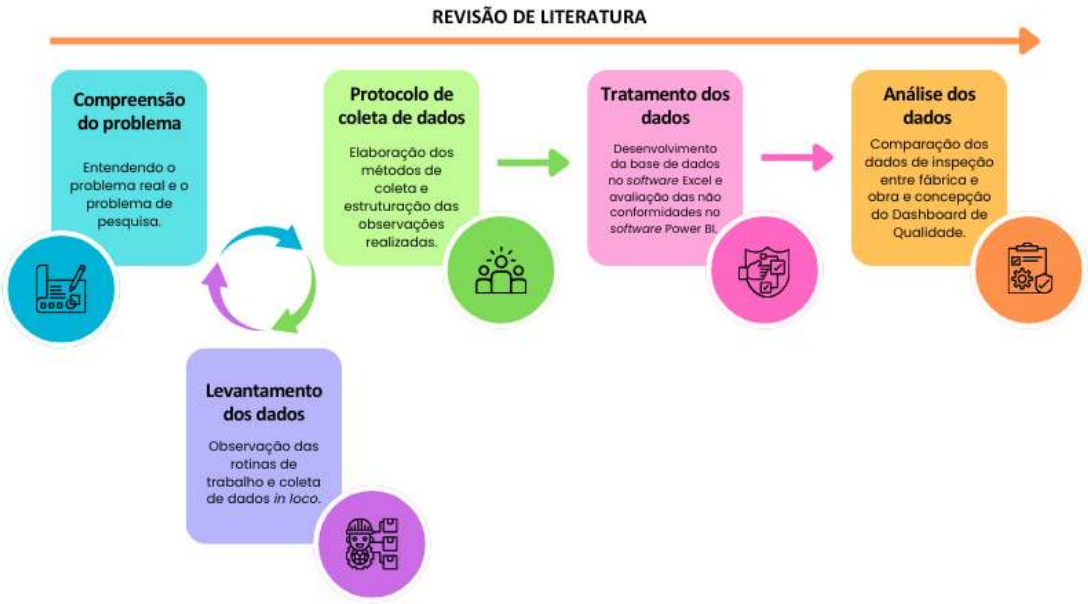
MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, pois o objetivo do estudo foi investigar de forma empírica um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto de vida real, explorando as condições e o cenário em que este está inserido [20]. A pesquisa foi elaborada por meio de uma abordagem quali-quantitativa de caráter exploratório e prescritivo. O estudo foi organizado conforme as seguintes etapas: (i) fundamentação teórica; (ii) compreensão do problema; (iii) elaboração do protocolo de coleta de dados; (iv) levantamento dos dados; (v) tratamento dos dados e (vi) análise dos dados. A Figura 1 detalha o delineamento da pesquisa.

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa de construção modular, denominada nesse estudo de Empresa A. A Empresa A é responsável por desenvolver, fabricar e instalar componentes modulares para todo o Brasil, atuando em diferentes segmentos da construção civil. As principais razões para a escolha da empresa foram: (i) a adoção de práticas *Lean* em seu cotidiano; (ii) sistema de gestão da produção e gestão da qualidade bastante consolidados. Além disso, a Empresa A estava interessada nos resultados deste estudo, pois o percebiam como uma oportunidade para eliminar alguns problemas relacionados à qualidade nas obras.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8979

Figura 1: Delineamento da Pesquisa



Fonte: os autores.

A Empresa A possui setores responsáveis pela fabricação de elementos pré-fabricados, e pela montagem e acabamento dos módulos. Após a produção, os módulos são direcionados para a fase de expedição e instalação em obra. Para esse estudo, foi analisada a fábrica de montagem e a instalação em obra. A obra na qual esse estudo foi realizado é um empreendimento de segurança pública (Empreendimento A), localizado na região sul do Brasil.

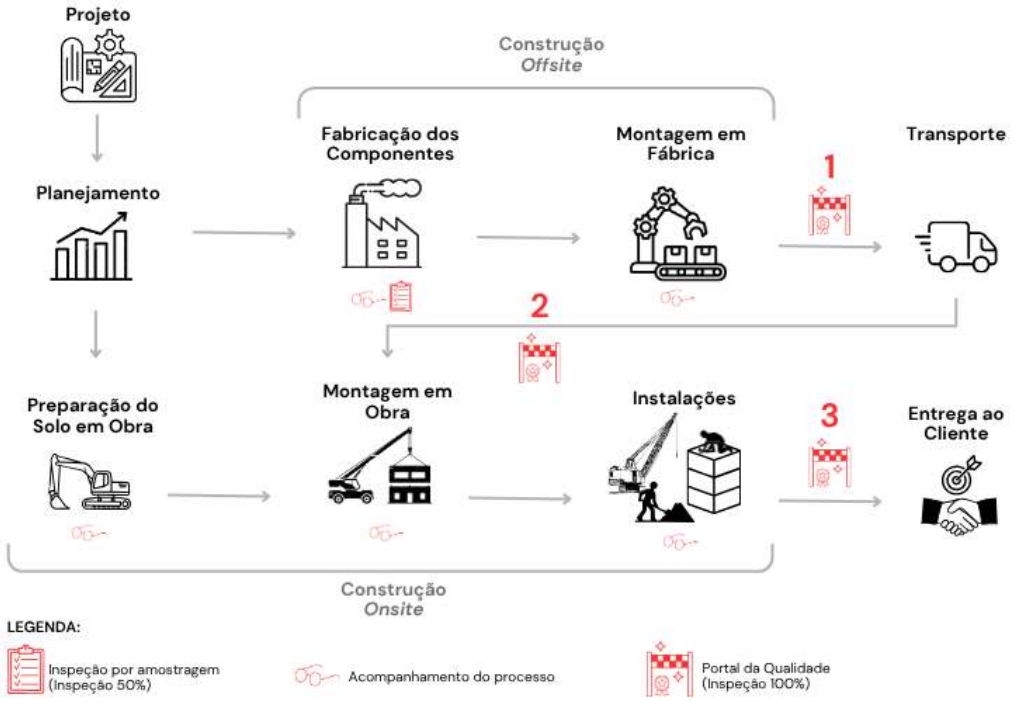
A coleta de dados ocorreu entre os meses de fevereiro e de março de 2026, sendo realizadas oito visitas à empresa: quatro visitas à fábrica e quatro visitas à obra. Foram utilizadas as seguintes fontes de evidências: observações diretas junto às rotinas de trabalho na fábrica (32 horas); entrevistas abertas com funcionários responsáveis por cargos de gestão na empresa (15 horas); observações diretas junto às rotinas de trabalho em obra (24 horas); análise de documentos, tais como documentos de gestão da qualidade e às fichas de verificação realizadas por meio de uma plataforma digital de gestão de inspeções.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

LIMITAÇÕES EXISTENTES NAS PRÁTICAS DE INSPEÇÃO DA QUALIDADE

Durante o estudo, foi possível entender como era executado o controle de qualidade ao longo de todo o fluxo de produção e, também, acompanhar na fábrica as inspeções realizadas nos módulos e, no Empreendimento A, o recebimento e inspeção desses módulos na obra. A Figura 2 apresenta o fluxo do controle de qualidade realizado na fábrica e na obra.

Figura 2: Fluxo da qualidade na Empresa A



Fonte: os autores.

Dessa forma, na Empresa A, o controle de qualidade é realizado por meio de inspeções ao longo de cada etapa de execução, sendo que na fabricação dos componentes (parede, piso, laje, etc.), as inspeções são realizadas por amostragem e nos módulos as inspeções são de 100%. A empresa utiliza o portal da qualidade como principal ferramenta de controle, estruturado em pontos estratégicos do fluxo de produção para verificar a conformidade dos serviços antes do avanço para a etapa subsequente do processo produtivo, onde todas as verificações são realizadas via smartphone. Desde fevereiro de 2026, a empresa ampliou o número de portais da qualidade, após a adição de mais um checklist de inspeção, voltado ao recebimento dos módulos em obra, criado para identificar possíveis não conformidades decorrentes do transporte entre fábrica e canteiro. O Portal da Qualidade 1 é realizado ao final da montagem em fábrica; o Portal da Qualidade 2, no recebimento dos módulos em obra; e o Portal da Qualidade 3, ao término da obra, previamente à entrega ao cliente.

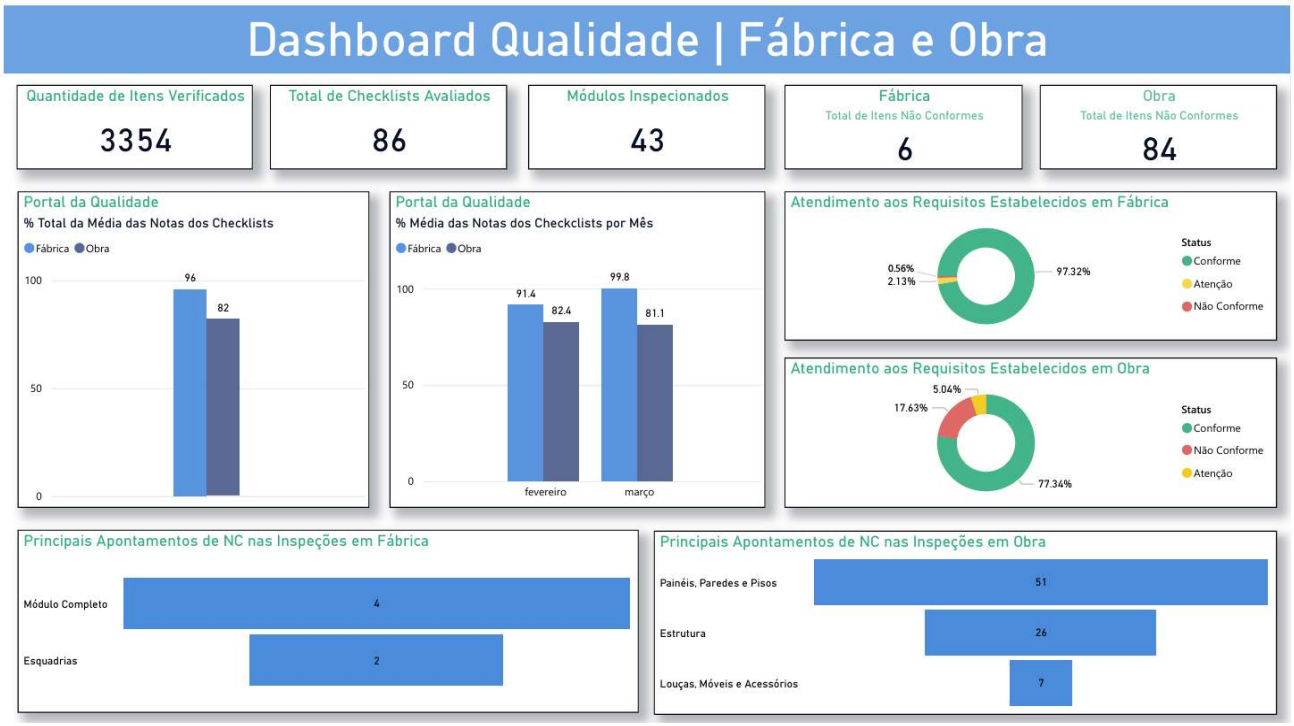
Durante dois meses, entre fevereiro e março de 2026, foi possível avaliar as inspeções realizadas no Portal da Qualidade 1 e no Portal da Qualidade 2. No total, foram avaliados 43 módulos, totalizando 86 checklists (entre envio e recebimento em obra).

Os resultados obtidos por meio dos checklists foram inseridos em uma base de dados elaborada no *software* Excel, a partir da qual se observou divergência entre os percentuais de conformidade dos produtos inspecionados na fábrica e na obra. Tal diferença não era esperada, uma vez que não foram identificadas ocorrências significativas no processo logístico ou nas condições de recebimento em obra que justificassem a redução dos percentuais de conformidade em relação aos resultados obtidos na fábrica.

Essa diferença evidenciou possíveis inconsistências no processo de inspeção da qualidade. Observou-se que, embora os formulários sejam preenchidos em ambiente digital, o que tende a favorecer o controle das informações, sua estrutura apresenta limitações que comprometem a efetividade do processo de inspeção. O formulário padrão de fábrica, por exemplo, pode conter até 64 itens, incluindo verificações que não se aplicam à tarefa específica, uma vez que foi concebido para abranger diferentes tipologias de módulos. Essa abordagem geral resulta em checklists extensos, com itens pouco direcionados e, em alguns casos, com enunciados que carecem de clareza quanto aos critérios de avaliação e tolerâncias para aprovar o produto. Assim, em função da grande quantidade de itens que precisam ser verificados, alguns deles podem passar facilmente despercebidos por quem realiza a inspeção.

Para tratamento dos dados, a base de dados foi utilizada para elaboração de um Dashboard da Qualidade no *software* Power BI, no qual foram comparados os dados dos checklists realizados na fábrica e na obra. A análise dos resultados evidencia baixa incidência de reprovações nos formulários preenchidos na fábrica, enquanto, na obra, observa-se cenário distinto, com maior ocorrência de não conformidades. A Figura 3 apresenta o Dashboard da Qualidade, no qual são comparados os resultados obtidos entre as etapas de fábrica e obra.

Figura 3: Dashboard da qualidade com análise comparativa dos dados entre fábrica e obra



Fonte: os autores.

Dessa forma, a diferença entre os percentuais de conformidade sugere que existem problemas na forma como as inspeções estão sendo conduzidas. A baixa incidência de reprovações na fábrica pode indicar critérios de avaliação menos rigorosos, falhas na identificação de não conformidades ou um preenchimento mais superficial dos formulários. Além disso, aspectos da cultura organizacional podem contribuir para

esse cenário. Em reunião com a Empresa A, identificou-se que os responsáveis pelas inspeções tendem a evitar o registro de problemas pelo fato de as informações chegarem diretamente aos operadores da produção, o que gera um receio de exposição e falta de notificação de falhas.

Por outro lado, o maior número de não conformidades identificado na obra pode estar associado a uma inspeção mais criteriosa, e, em alguns casos, à identificação tardia de falhas que não foram registradas e resolvidas anteriormente. Nesse contexto, vale destacar que os responsáveis pelo recebimento na obra não possuem contato direto com os operadores da fábrica, o que reduz a pressão para omitir falhas e pode ter contribuído para um registro mais claro das não conformidades encontradas. Embora apenas seis não conformidades tenham sido registradas na fábrica no período analisado, aproximadamente 33% delas chegaram à obra sem a devida resolução, evidenciando fragilidades no controle e no acompanhamento do tratamento das não conformidades identificadas ao longo do processo produtivo.

PROPOSTAS DE MELHORIA PARA O CONTROLE DA QUALIDADE E OPORTUNIDADES PARA INCLUSÃO DA BIQ

Na Empresa A, os formulários de inspeção apresentam estrutura excessivamente ampla e ausência de diretrizes claras para o seu preenchimento, o que compromete a padronização e a confiabilidade dos registros. A falta de direcionamento dos formulários pode contribuir para interpretações distintas por parte dos responsáveis pelas inspeções, ampliando ainda mais a variabilidade nos resultados. Tal constatação é validada por Ding *et al.* [7] que destacam que as atribuições dos responsáveis pelas inspeções nem sempre são claramente estabelecidas, o que pode gerar incertezas quanto ao escopo, comprometendo tanto a condução das inspeções quanto a confiabilidade dos resultados obtidos.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de revisão dos procedimentos de inspeção para padronização dos critérios de avaliação, uma vez que não constam nos formulários informações sobre a forma de inspecionar um módulo, nem critérios de tolerâncias claros. Como proposta de melhoria, sugere-se a simplificação dos formulários com base nos itens de não conformidade mais frequentemente identificados na fábrica e na obra, priorizando maior clareza nas orientações para preenchimento. Para isso, recomenda-se o envolvimento direto dos profissionais responsáveis pelas inspeções no refinamento dos checklists, o que além de garantir aderência à realidade da empresa, pode estimular o engajamento e a percepção crítica desses profissionais no processo.

Conforme já apontado por Koskela [12] na filosofia *Lean*, a inspeção é reconhecida como uma atividade que não agrega valor ao processo produtivo, condição que se agrava diante das limitações identificadas no sistema atual, onde sua contribuição para o controle de qualidade mostra-se ainda mais reduzida. Esse desafio também é discutido por Ma *et al.* [2], que destacam a necessidade de adoção de sistemas colaborativos orientados à incorporação da qualidade ao longo de todas as etapas do processo construtivo, e não apenas em pontos específicos de verificação. Nesse contexto, há a necessidade de uma abordagem mais integrada da qualidade ao longo

do processo construtivo, de modo a garantir maior consistência nas avaliações realizadas entre fábrica e obra.

Assim, como proposta de melhoria, recomenda-se a utilização de modelos *Building Information Modeling* (BIM) integrados a sistemas de monitoramento das etapas de execução, de modo a ampliar a rastreabilidade e a confiabilidade das informações, reduzindo a dependência exclusiva da atuação dos profissionais responsáveis pelas inspeções. Essa constatação converge ao que foi proposto por Ma *et al.* [2], Shin e Choi [3] e Ding *et al.* [7] em seus estudos, indicando a inserção de um sistema colaborativo utilizando BIM e melhorando o controle e monitoramento da qualidade em tempo real. Essa abordagem possibilita a incorporação da qualidade na origem do processo produtivo, alinhando-se ao conceito de BiQ, no qual se priorizam ações preventivas em detrimento de medidas corretivas. Dessa forma, é possível incluir etapas de prevenção dos problemas ao invés de correção, permitindo que erros sejam mitigados desde o início, conforme discutido por Gomez *et al.* [9].

Embora a implementação do BiQ represente o horizonte desejado para o sistema de gestão da qualidade, reconhece-se que sua adoção é progressiva. No estágio atual, em que o processo produtivo ainda é fortemente dependente das inspeções, propõe-se, em um primeiro momento, o aprimoramento da forma como essas inspeções são conduzidas, tornando-as mais estruturadas e informativas. Em paralelo, a incorporação da autonomação (*jidoka*) ao fluxo de produção apresenta-se como uma estratégia de avanço relevante, por meio da inserção de dispositivos *poka-yoke* capazes de sinalizar e interromper o processo produtivo diante da ocorrência de não conformidades, impedindo sua propagação para as etapas subsequentes.

Como proposta de melhoria, é possível incluir na fábrica um sistema de encaixes específicos para cada parede, permitindo apenas uma configuração de montagem do módulo e reduzindo a ocorrência de erros. Essa abordagem, que alia dispositivos à prova de erros a inspeções na fonte, permite a detecção de falhas e a tomada de ações corretivas antes que um defeito se consolide, representando um avanço concreto em direção a um sistema de qualidade mais integrado e menos dependente da verificação manual, semelhante ao que Gomez *et al.* [10] discutiu em seu estudo.

CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo identificar as principais limitações das práticas de inspeção de qualidade em uma empresa de construção modular e propor diretrizes de melhoria orientadas a uma abordagem menos dependente das inspeções. Os resultados evidenciaram incoerências relevantes entre os dados coletados em fábrica e em obra, sugerindo que existem problemas na forma como as inspeções são conduzidas, com formulários extensos, sem critérios objetivos e sem orientações claras de preenchimento.

Diante disso, as propostas de melhoria abrangem a simplificação dos checklists, o envolvimento dos inspetores em seu refinamento, a integração entre fábrica e obra por meio de modelos BIM e a incorporação da autonomação ao fluxo produtivo,

representando avanços progressivos em direção aos princípios da BiQ. Como limitação, destaca-se a aplicação em uma única empresa, restringindo a generalização dos resultados. Para trabalhos futuros, recomenda-se a integração de modelos BIM aos processos de inspeção, ampliando a rastreabilidade e a padronização do controle de qualidade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] JURAN, J. M.; GODFREY, A. Blanton. **Juran's quality handbook**. 5. ed. United States of America: McGraw-Hill Professional, 1999.

[2] MA, Z. *et al*. Construction quality management based on a collaborative system using BIM and indoor positioning. **Automation in Construction**, v. 92, p. 35-45, 2018.

[3] SHIN, J.; CHOI, B. Design and Implementation of Quality Information Management System for Modular Construction Factory. **Buildings**, v. 12, n. 5, 2022.

[4] DEMING, W.E. **Quality, Productivity and Competitive Position**. MIT, Cambridge, MA, UK, 1982.

[5] CROSBY, P.B. **Quality is Free: The Art of Making Quality Certain**. McGraw-Hill (NY), New York, 1979.

[6] PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade no Processo:** a qualidade na produção de bens e serviços. São Paulo: Atlas, 1995.

[7] DING, L. *et al.* IFC-inspection process model for infrastructure projects: Enabling real-time quality monitoring and control. **Automation in Construction**, v. 84, p. 96-110, 2017.

[8] BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Built in Quality Cycle**. Project Production Systems Laboratory (P2SL), White paper, n. 1, 2014.

[9] GOMEZ, S. *et al.* Changing behaviors upstream to achieve expected outcomes. In: **Proc. 27th Ann. Conf. Int. Group for Lean Constr**. 2019. p. 13-24.

[10] GOMEZ, S. *et al.* Features of a Behavior-Based Quality System (BBQS). In: **Proc. 28th Ann. Conf. Int. Group for Lean Const**. 2023. p. 399-411.

[11] SHINGO, S. **Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint**, Cambridge: Productivity Press, 1989.

[12] KOSKELA, L. **Application of the new philosophy to construction. CIFE-Center for Integrated Facility Engineering**. Technical Report, 75p. Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

[13] LOVE, P. E. D.; SMITH, J.; TEO, P. Putting into practice error management theory: Unlearning and learning to manage action errors in construction. **Applied Ergonomics**, v. 69, p. 104-111, 2018.

[14] LOVE, P. E. D. *et al.* Making sense of rework and its unintended consequence in projects: The emergence of uncomfortable knowledge. **International Journal of Project Management**, v. 37, p. 501-516, 2019.

[15] LOVE, P. E. D. *et al*. Building absorptive capacity in a mega-project program alliance: Learning to mitigate rework. **Developments in the built environment**, v. 18, p. 100402, 2024.

[16] SHENG, D. *et al.* Construction quality information management with blockchains. **Automation in Construction**, v. 120, 2020.

[17] BATAGLIN, F. S. *et al*. Model for planning and controlling the delivery and assembly of engineer-to-order prefabricated building systems: exploring synergies between Lean and BIM. **Canadian journal of civil engineering**, v. 47, n. 2, p. 165-177, 2020.

[18] METVAEI, S. *et al*. Developing a BIM-enabled robotic manufacturing framework to facilitate mass customization of prefabricated buildings. **Computers in Industry**, v. 164, p. 104201, 2025.

[19] LIU, H.; DUAN, Y. Production and construction quality management system of prefabricated buildings based on BIM technology. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 43, n. 1, p. 103-114, 2023.

[20] YIN, R. K. **Case Study Research and Applications: Design and Methods**. 6. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.