ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Implementação da ferramenta Dojo como estratégia para incorporação de qualidade (*Built-In Quality*)

Implementation of the Dojo tool as a strategy for quality incorporation (*Built-In Quality*)

Dimas Rodrigues de Sena
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | dimas.r.s@hotmail.com
Iamara Rossi Bulhões
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | iamara.bulhoes@ufrgs.br
Carlos Torres Formoso
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | formoso@ufrgs.br
Carlos Henrique Hoff
UniFECAF | São José do Hortêncio | Brasil | carlos.hoff@outlook.com

Resumo

O termo "Dojo", originário do japonês e tradicionalmente associado às artes marciais, foi adaptado ao contexto *Lean* como um ambiente dedicado à aprendizagem e melhoria contínua. O artigo apresenta uma análise da implementação de um Dojo como estratégia para apoiar a abordagem *Built-In Quality* (Qualidade Incorporada) na indústria da construção. Foi realizado um estudo de caso em uma empresa de construção modular, focando inicialmente na execução de *Drywall*, uma atividade crítica do processo produtivo analisado. Os resultados destacam o aumento da eficiência operacional e da qualidade percebida como principais benefícios da implementação do Dojo. O estudo contribui para a compreensão da eficácia do Dojo como ferramenta-chave para promover a qualidade incorporada na construção civil e destaca as especificidades e oportunidades associados à sua adoção na construção industrializada.

Palavras-chave: Dojo. Qualidade Incorporada. Construção Modular. Produção Enxuta.

Abstract

The term "Dojo", originating from Japanese and traditionally associated with martial arts, has been adapted in the Lean context as an environment dedicated to learning and continuous improvement. The article presents an analysis of implementing a Dojo as a strategy to support the Built-In Quality approach in the construction industry. A case study was conducted at a modular construction company, focusing initially on Drywall execution, a critical activity in the analyzed production process. The results highlight increased operational efficiency and perceived quality as primary benefits of implementing the Dojo. The study contributes to understanding the effectiveness of the Dojo as a key tool for promoting embedded quality in civil construction and underscores the specificities and opportunities associated with its adoption in industrialized construction.

Keywords: Dojo. Built-In Quality. Modular Construction. Lean Production.

Como citar:
SENA, D. R.; BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T.; HOFF, C. H. Implementação da ferramenta Dojo como estratégia para incorporação de qualidade (Built-In Quality). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

A qualidade na construção civil é um elemento fundamental que impacta diretamente na segurança, durabilidade e satisfação do cliente. No entanto, ao longo dos anos, o setor da construção convive com consideráveis obstáculos na sua jornada para assegurar a excelência de processos e produtos [1][2]. A qualidade na construção civil é influenciada por uma série de fatores, que incluem a complexidade dos projetos, a interação entre os diversos intervenientes, os métodos construtivos, a seleção de materiais, a competência da mão de obra e os processos de gestão [3][4][5]. Além disso, as expectativas dos clientes, em relação à qualidade e ao cumprimento dos prazos, desempenham um papel fundamental nesse contexto [6].

Diante deste cenário, o setor passa por uma transformação significativa, direcionando-se para uma abordagem mais industrializada [7][8]. A produção em ambiente industrializado e controlado (*off-site*) ao invés do canteiro de obras é uma forma de promover a melhoria de desempenho do setor [9][10]. Na construção modular, sistema típico *off-site*, a maior parte das etapas de valor agregado ocorre em módulos pré-fabricados, os quais possuem um alto padrão de acabamento e são produzidos em ambientes que se assemelham à manufatura. Em síntese, o processo de construção modular envolve a fabricação de componentes (ou módulos) em instalações fabris, seguido pelo seu transporte e montagem no local da obra [11][12].

Paralelamente, ao longo das últimas décadas, diversas abordagens e metodologias têm sido desenvolvidas e adaptadas com o intuito de promover a qualidade nos processos construtivos. Dentre essas abordagens, merece destaque a *Lean Production* (Produção Enxuta), caracterizada por um sistema de fabricação que busca aumentar a eficiência produtiva, satisfazendo as demandas dos clientes sem a produção de estoques [13]. A adoção dos princípios *Lean* na construção civil é conhecida como *Lean Construction* (Construção Enxuta) [14]. Apesar da extensa exploração da *Lean* nas últimas décadas, alguns elementos ainda permanecem pouco abordados, tanto no âmbito acadêmico quanto na prática industrial [15]. Entre esses tópicos menos discutidos estão a abordagem "*Built-in Quality*" (Qualidade Incorporada - BIQ) e a ferramenta Dojo de treinamento, relacionados diretamente com um dos pilares do *Lean Production*, a autonomação – autonomia dada ao operador ou máquina para a paralisação da operação sob a presença de qualquer anormalidade [16].

A perspectiva da abordagem BIQ pressupõe que a qualidade não seja considerada como uma etapa subsequente no processo de produção, mas sim seja integrada em todas as fases, desde o estágio inicial de planejamento até a etapa final de entrega. Assim, conforme preconizado pela BIQ, quaisquer defeitos ou questões relacionadas à qualidade devem ser prontamente identificados e corrigidos por meio de um procedimento que assegure a entrega ao cliente do produto ou serviço valorizado por ele, minimizando ao máximo a ocorrência de desperdícios associados [17][18][19][20].

Dentre os demais elementos pouco explorados da *Lean*, um com potencial para auxiliar a implementação da abordagem BIQ é a ferramenta Dojo de treinamento. Em síntese, o Dojo é um espaço de compartilhamento de conhecimento e melhores

práticas dentro da empresa, com o objetivo de aprimorar as habilidades operacionais globais e formar funcionários multifuncionais [21][22].

Neste contexto, o artigo teve como objetivo principal a análise da adoção do Dojo como estratégia auxiliar à abordagem *Built-In Quality* no ambiente da indústria da construção. Para isto, foi realizado um estudo de caso do processo de planejamento e implementação de um Dojo de treinamento para a atividade de execução de *Drywall*. O estudo foi realizado na fábrica de montagem de uma empresa de construção industrializada, que atua no segmento da modularidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

BILT-IN QUALITY

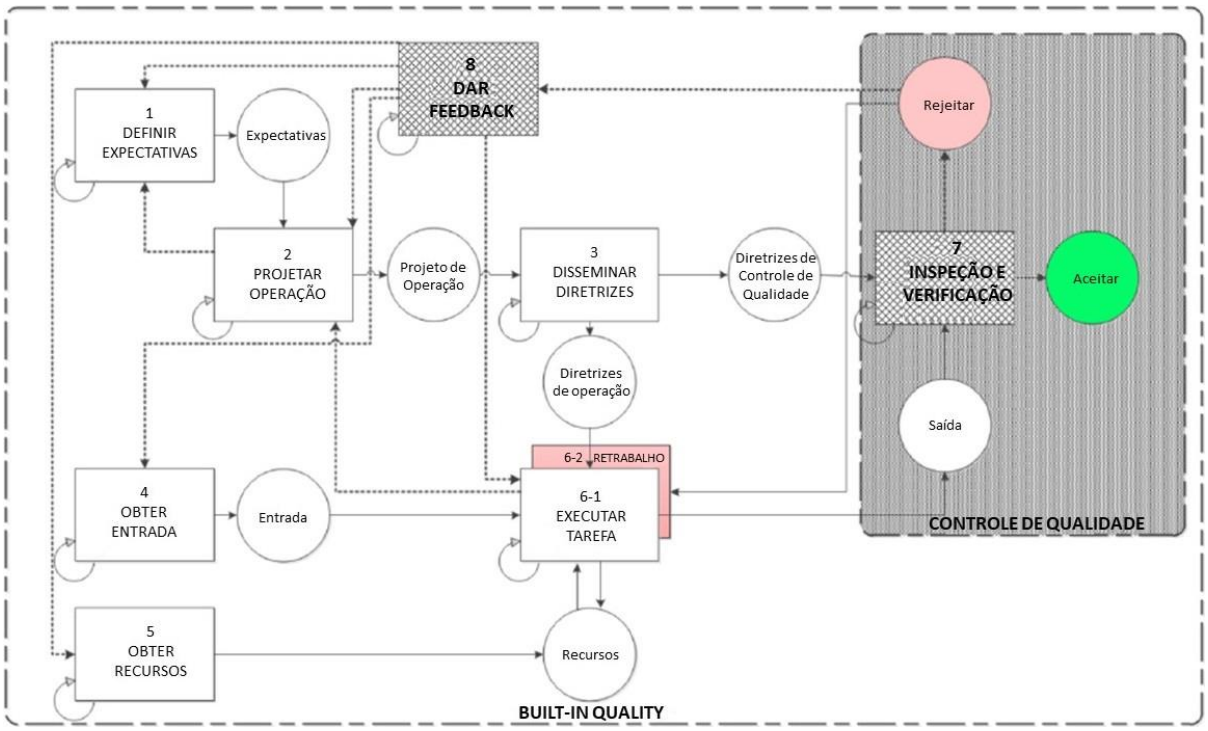
Existem diferentes abordagens para garantir a conformidade com os padrões de qualidade. Num extremo está a realização intensiva de inspeções, e no outro extremo, está a integração da qualidade durante o processo de produção, também conhecido como *Built-In Quality* [17][18][23]. Em outras palavras, a ideia é que a qualidade seja "incorporada" (*built-in*, em inglês) no produto durante todo o processo de produção, em vez de ser apenas verificada e corrigida posteriormente.

Um dos fundamentos do BIQ é a ideia de nunca passar uma peça defeituosa ou erro para o próximo processo, o que requer projetar os processos de trabalho de forma que produtos ou serviços defeituosos não possam avançar para a próxima etapa, promovendo assim a qualidade na estação ou na fonte [20][24][25].

A operacionalização do BIQ fundamenta-se no ciclo PDCA (*plan-do-check-act*), com o intuito de assegurar que os resultados de um processo de produção atendam, idealmente, às expectativas sem a necessidade de inspeção ou retrabalho adicionais para alcançar esse fim [26].

Na indústria da construção, autores [26] buscaram alinhar os princípios do BIQ com o *Last Planner System* (SLP), estabelecendo uma estrutura de projeto específica para o planejamento e execução de projetos de construção civil, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: *Framework Built-In Quality*



Fonte: Steinhaeusser et al., 2015 [26] (adaptado pelos autores).

O fluxo principal do processo começa com a identificação das expectativas do cliente, que orientam o planejamento operacional. Diretrizes são então estabelecidas para a execução das atividades. O resultado operacional é verificado na etapa de controle de qualidade do BIQ. Se atender aos critérios de qualidade, é aceito e as partes interessadas são informadas sobre a conformidade. Se não, é rejeitado e ajustes são feitos, como substituição de insumos ou aquisição de novos recursos, e as partes interessadas são notificadas da não conformidade [26]. Nos dois casos, a etapa de "*Dar Feedback*" é similar à fase de "aprendizado" do LPS, na qual o trabalho realizado é confrontado com o planejado [27]. Além disso, é possível realizar alterações na execução do processo por meio da modificação ou atualização das diretrizes operacionais [26].

DOJO DE TREINAMENTO

Originário do japonês, o termo “Dojo” remete a um local para prática de artes marciais. No contexto da *Lean*, a adaptação do Dojo o transforma em um ambiente dedicado à aprendizagem e melhoria contínua, fundamentado no compartilhamento estruturado e colaborativo de conhecimento entre os funcionários [21][28]. Essa colaboração promove o aprendizado dos participantes por meio de quatro princípios essenciais: trabalho em equipe, interatividade, aprendizado compartilhado e construção coletiva do conhecimento, com a expectativa de que os participantes se envolvam ativamente em seu próprio processo de aprendizado e se integrem em um contexto social que oferece apoio e desafios [29].

A utilização destes locais para treinamento vem aumentando na indústria manufatureira [28], concentrando-se principalmente na abordagem de segurança e qualidade [29]. Seu uso apoia o desenvolvimento de funcionários multifuncionais, capazes de executar uma grande variedade de tarefas em nível operacional [21].

Apesar deste aumento na utilização da ferramenta, a literatura acadêmica sobre o tema ainda é escassa. Assim como outros elementos da filosofia *Lean*, o conhecimento a respeito do Dojo advém da observação da prática empresarial, principalmente da manufatura. Em contrapartida, empresas especializadas de consultoria em treinamentos *Lean* parecem possuir um maior número de materiais para consulta.

Um destas empresas [30] apresenta um plano para planejamento e implementação de um Dojo de treinamento, ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Planejando e implementando o Dojo de treinamento



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Tetrahedron, 2024 [30].

O planejamento apresentado destaca a importância de definir objetivos claros, como melhorar a proficiência em uma atividade e fomentar a colaboração. Em seguida, recomenda-se a identificação dos participantes, incluindo gerentes de projeto e outras partes interessadas, a fim de promover a diversidade de habilidades. O projeto das sessões de treinamento deve ser bem organizado, combinando teoria, prática e tarefas interativas. Além disso, é essencial alocar recursos adequados, como materiais de treinamento e ferramentas, e agendar sessões estrategicamente para evitar fases críticas de projetos. O progresso dos participantes deve ser monitorado continuamente, com o *feedback* utilizado para identificar oportunidades de melhoria. Os resultados do treinamento podem ser medidos por meio da melhoria das habilidades dos participantes, na produtividade e na satisfação dos funcionários. Finalmente, o programa deve ser constantemente aprimorado com base no *feedback* e nas revisões regulares do escopo do treinamento [30].

MÉTODO

O método empregado foi o estudo de caso, que corresponde à investigação profunda e exaustiva de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado [31]. O estudo incluiu: i) coleta inicial de dados, ii) caracterização da empresa e seu sistema produtivo; iii) identificação de atividades críticas; iv) acompanhamento do processo de planejamento da ferramenta Dojo; e v) análise da aplicação e contribuições do Dojo ao processo de incorporação de qualidade.

A coleta de dados durou dois meses, tendo sido feitas dez visitas à empresa, denominada Empresa A. Foram realizadas observações diretas, análises de documentos (folha de operação padrão, ordens de montagem, planejamento operacional) e cinco entrevistas semiestruturadas, com membros da equipe própria da empresa e de equipes terceirizadas. Além das entrevistas com os funcionários do chão de fábrica, foram realizadas entrevistas com o encarregado de produção, dois responsáveis por equipes terceirizadas, analista de processos, gerente de qualidade e gerente de melhoria contínua. Com os dados coletados foi possível estimar o tempo de execução de cada atividade, assim como entender o escopo e sequenciamento de cada uma delas.

A empresa A é especializada em construção modular. Sua unidade de produção se divide em fábrica de elementos pré-fabricados (pisos, tetos, pilares, ...) e fábrica de montagem e acabamento dos monoblocos - denominada de fábrica de montagem. Após a produção, os monoblocos acabados partem para as etapas de expedição e instalação em obra. As atividades do setor de projetos da empresa permeiam todo o ciclo de produção/instalação dos monoblocos, conforme a Figura 3. Para este estudo, apenas a fábrica de montagem foi analisada.

Figura 3: Representação da sequência de operação da empresa A



Fonte: os autores.

Com relação ao processo produtivo, apesar da produção *off-site* de módulos, a fábrica de montagem tem baixo nível de mecanização e automação e possui uma produção basicamente artesanal. As atividades nesta etapa são divididas em dois grandes grupos: i) montagem da caixa e painéis do chassi do monobloco; ii) acabamentos - engloba todas as demais atividades de produção e finalização do módulo, como instalações elétricas e hidráulicas, pintura, execução de *Drywall* e instalação de esquadrias. As atividades de acabamento são predominantemente realizadas por equipes terceirizadas, havendo interdependência significativa entre elas e a equipe própria.

A execução de *Drywall* foi identificada como atividade crítica do processo, tanto em relação ao tempo de execução, quanto em relação ao custo (atividade de maior volume e maior preço por metro quadrado), sendo esta atividade de responsabilidade de uma equipe terceirizada.

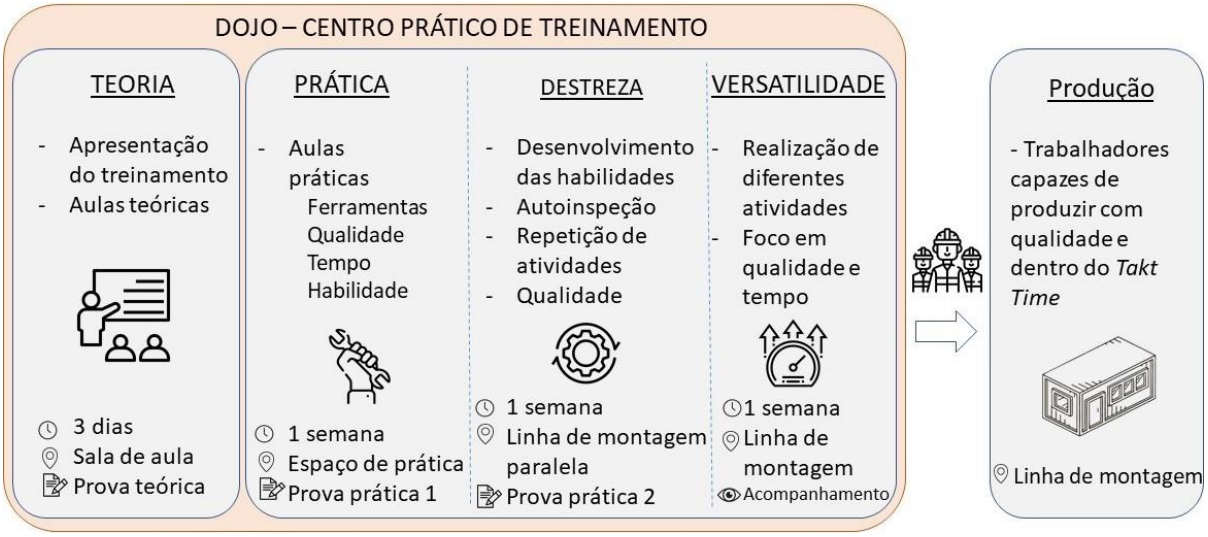
Após a definição do *Drywall* como atividade crítica, o primeiro autor do artigo fez seis visitas, no qual foram observados o processo de planejamento e implementação do Dojo. Durante o acompanhamento do planejamento da ferramenta, foi possível relacionar seu desenvolvimento com as ideias do BIQ, traçando um paralelo entre este desenvolvimento e o *framework Built-In Quality*, Figura 1, apresentado anteriormente.

Por fim, foi realizada a análise da aplicação e das contribuições da ferramenta de treinamento no processo de incorporação de qualidade ao sistema produtivo da empresa.

PLANEJAMENTO DA FERRAMENTA DOJO

O planejamento do Dojo de treinamento do *Drywall* na Empresa A seguiu, de forma geral, as etapas apresentadas na Figura 2 – Planejando e implementando o Dojo de treinamento. Inicialmente, reuniões com a gerência e o setor de qualidade ocorreram para discutir as especificações do projeto e planejar as atividades do Dojo. Os padrões de qualidade para *Drywall* foram definidos pelo setor de qualidade, e uma lista de ferramentas e materiais a serem adquiridos foi elaborada. Já o conteúdo do treinamento foi dividido em quatro partes, representadas na Figura 4.

Figura 4: Representação da estruturação do Dojo – Centro Prático de Treinamento



Fonte: os autores.

A primeira etapa foi planejada para ser totalmente teórica, realizada em sala de aula e tendo duração estimada de três dias. Nessa etapa foi apresentado aos alunos o objetivo do treinamento, assim como o conhecimento necessário sobre o projeto do módulo, locais de execução da atividade e as demais atividades pertinentes à execução de *Drywall*. Também foi nessa etapa que se apresentou aos participantes quais eram os critérios de avaliação do treinamento, que, nessa primeira etapa, incluiu uma prova teórica. Tanto nessa etapa quanto nas demais foi disponibilizado aos alunos um material complementar de estudos, composto por: videoaulas, apostilas e cartilha com orientação dos fabricantes dos materiais utilizados, assim como um *feedback* individual de desempenho na etapa.

Na segunda etapa iniciou-se o contato prático com a atividade, sendo realizada em um espaço de prática externo à fábrica de montagem. Um dos objetivos do treinamento prático foi apresentar as ferramentas que seriam utilizadas, assim como discutir tópicos como qualidade, tempo de execução e habilidades necessárias. A duração foi de uma semana e finalizou-se com a primeira prova prática. Na etapa de destreza, o

objetivo foi o desenvolvimento das habilidades práticas, sendo que a realização das atividades foi repetida diversas vezes, com o foco na qualidade, sem se preocupar com o tempo de execução. Nessa etapa os alunos realizaram as primeiras atividades na planta da fábrica, em uma linha de produção paralela. Também foi neste momento que os alunos começaram a ser incentivados a autoavaliar suas próprias atividades, segundo os critérios de qualidades apresentados anteriormente. A etapa se encerrou após uma semana, com a realização da segunda prova prática.

A última etapa do Dojo, Versatilidade, foi quando os alunos foram para a linha de montagem principal e realizaram diferentes atividades atreladas a execução de *Drywall*. Neste ponto os alunos deveriam executar as atividades não só com qualidade, mas também dentro do *Takt time*, tempo de produzir determinado produto, baseado na demanda do mercado e do tempo disponível para produção [32].

A definição de qual atividade cada aluno realizou dependeu das necessidades apresentadas pela linha de montagem principal, devendo o aluno apresentar multi-habilidades, de modo que pudesse cumprir a atividade demandada. Esta última etapa teve duração de uma semana e não possuiu prova, ao invés disso, o que ocorreu foi o acompanhamento pelo instrutor de treinamento.

Ao final do treinamento no Dojo, o instrutor redigiu um relatório com a avaliação dos participantes, destacando quais as principais características e habilidades de cada um, sugerindo a melhor posição na linha de produção para cada aluno. A decisão final de alocação (ou não) ficou a cargo dos encarregados da produção.

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO DOJO

Durante o planejamento do treinamento Dojo na Empresa A, não foram estabelecidos critérios específicos de seleção, exceto ser funcionário efetivo. Os participantes foram indicados pelos encarregados de produção, resultando em algumas pessoas interessadas que não puderam participar devido à relutância dos encarregados em liberar membros de suas equipes. Em contrapartida, alguns supervisores viram a oportunidade de capacitar os trabalhadores com desempenho abaixo do desejado. Para as futuras edições, faz-se necessário a elaboração de diretrizes que norteiem a seleção dos participantes.

Nesta edição participaram sete trabalhadores. Constatou-se que uma das principais dificuldades foram as aulas teóricas, devido à baixa escolaridade dos participantes e barreiras linguísticas. Desta forma, sugere-se testar novas formas de disponibilizar o conteúdo, como por exemplo, a gamificação.

Ocorreram alguns atrasos pontuais nas etapas de prática, em função do treinamento ter iniciado antes da chegada das ferramentas de trabalho adquiridas pela empresa, esse fato foi uma ação consciente da Empresa A, em função da urgência na formação da mão de obra interna. Além disso, as atividades tiveram que ser paralisadas em determinados momentos, pelo fato de que alguns participantes não estavam dedicados exclusivamente ao treinamento. Além disso, as atividades práticas ocorreram em três locais, sendo um externo e sujeito às intempéries. Na Figura 5 é

possível visualizar os espaços utilizados e suas correspondentes localizações na planta de operação da fábrica.

Figura 5: Espaços utilizados nas atividades de prática do Dojo



Fonte: os autores.

A inclusão de uma análise de riscos na etapa referente ao projeto da operação poderia ter avaliado os possíveis atrasos e paralisações do treinamento, elaborando planos de ação para estes casos. Entretanto, mesmo não sendo considerados no momento de estruturação da ferramenta, estes pontos levantados podem retornar em forma de *feedback*, no final do processo, e devem ser considerados no processo de melhoria contínua da ferramenta.

As principais melhorias em relação ao processo de execução do *Drywall* foram relacionadas às novas ferramentas adquiridas pela Empresa A. Dentre estas, destaca-se: (I) kit lixamento sem pó, composto por aspirador e lixadeira de teto e paredes; (II) perna mecânica; (III) nivelador a laser; e (IV) elevador de chapas – Figura 6. Além do ganho no tempo de execução, estas ferramentas proporcionam melhoria em aspectos de ergonomia, segurança, qualidade e precisão.

Figura 6: Novas ferramentas incorporadas à atividade de *Drywall*



Fonte: os autores.

Após a formação, algumas etapas do processo de montagem dos módulos deixaram de ser de responsabilidade de terceiros e foram assumidas inteiramente pela Empresa A. Em períodos de alta demanda, as equipes terceirizadas poderiam ser utilizadas como apoio ao processo. Esse resultado contribuiu para diminuir a dependência de equipes terceirizadas e reduzir a complexidade associada ao sistema produtivo da empresa. Diante disto, é natural evidenciar o potencial da ferramenta para auxílio na absorção de algumas atividades que ainda não são executadas pelos funcionários da Empresa A e na formação de profissionais multifuncionais para as atividades de nível operacional.

Paralelamente, a definição dos padrões de qualidade para aceitação da atividade de execução de *Drywall* proporcionaram maior objetividade nos processos de inspeção, além de favorecer a ação de autoinspeção e, consequentemente, a detecção e correção mais precoce das inconformidades. Além disso, as equipes terceirizadas (utilizadas quando necessárias) passaram a ter um padrão de qualidade pelo qual poderiam ser cobrados a entregar.

Por fim, os membros do Setor de Qualidade da empresa ressaltam um aumento da qualidade percebida nos módulos produzidos após o Dojo. Como uma sugestão de aprimoramento e maior transparência na análise dos resultados do Dojo, recomenda-se a criação de indicadores de desempenho (quantitativos e qualitativos), que poderão ser úteis tanto no aprimoramento do número de ciclos de aprendizagem necessários, quanto na análise do custo/benefício de sua implementação.

CONCLUSÕES

Este estudo analisou a utilização da ferramenta Dojo como estratégia para apoio à implementação da abordagem *Built-In Quality* em processos da construção civil. Em resumo, os benefícios evidenciados na adoção da ferramenta Dojo demonstram seu potencial de utilização como mecanismo auxiliar na promoção da incorporação da qualidade na indústria da construção.

Além dos resultados já almejados no âmbito do BIQ, a adoção do Dojo contribuiu para melhorias secundárias, como a disponibilização de mão de obra multifuncional e a diminuição da complexidade de planejamento e produção, frente à possibilidade de internalização de diversas atividades de acabamento dos módulos. Sua utilização promoveu não apenas o desenvolvimento de competências individuais, mas também o aprimoramento coletivo da organização.

Por fim, ressalta-se que uma das limitações do estudo foi sua aplicação apenas em uma empresa de construção industrializada, que, por natureza, possui características que se assemelham em diversas instâncias à indústria da manufatura, contexto no qual tanto o Dojo quanto o BIQ possuem maior histórico de utilização. Frente a isto, como sugestão para trabalhos futuros, tem-se a recomendação da exploração e adaptação do Dojo e da abordagem BIQ para o ambiente da construção convencional, levando em consideração todas as especificidades deste segmento, como por exemplo a produção *in-loco*.

REFERÊNCIAS

[1] YARNOLD, J. et al. Building and construction quality: systematic literature review, thematic and gap analysis**. International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 1 out. 2021. DOI: https://doi.org/10.1108/IJBPA-05-2021-0072.

[2] KHADIM, N. et al. Quantifying the cost of quality in construction projects: an insight into the base of the iceberg. **Quality & Quantity**, 17 jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11135-022-01574-8.

[3] BURATI, J. L., FARRINGTON J. J., LEDBETTER, W. B. "Causes of Quality Deviations in Design and Construction." **Journal of Construction Engineering and Management**. V. 118, n. 1, p. 34-39, 1 mar. 1992. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1992)118:1(34).

[4] BERTELSEN, S. **Construction as a Complex System**. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., Blacksburg, 2013. Proccedings…United States, 2003. p. 143-168. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/231>. Acesso em: 27 abr. 2024.

[5] Koskela, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Tese (Doutorado) - Aalto University, Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

[6] ÖZTAŞ, A.; GÜZELSOY, S. S.; TEKINKUŞ, M. Development of quality matrix to measure the effectiveness of quality management systems in Turkish construction industry. **Building and Environment**, v. 42, n. 3, p. 1219–1228, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.12.017.

[7] HWANG, B.-G.; SHAN, M.; LOOI, K.-Y. Knowledge-based decision support system for prefabricated prefinished volumetric construction. **Automation in Construction**, v. 94, p. 168–178, out. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.06.016.

[8] JONSSON, H.; RUDBERG, M. Production System Classification Matrix: Matching Product Standardization and Production-System Design**. Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n.6, p. 05015004, jun. 2015. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000965.

[9] PAN, W.; GIBB, A. G. F.; DAINTY, A. R. J. Strategies for Integrating the Use of Off-Site Production Technologies in House Building**. Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 11, p. 1331–1340, nov. 2012. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000544.

[10] SONG, J.; FAGERLUND, W. R.; HAAS, C. T.; TATUM, C. B.; VANEGAS, J. A. Considering prework on industrial projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 6, p. 723-733, 1 jun. 2005. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:6(723).

[11] GIBB, A. G. F. (1999). **Off-site Fabrication: Prefabrication, pre-assembly and modularization** (1st ed.). Latheronwheel: Whittles Publishing. ISBN: 9781870325776.

[12] WUNI, I. Y.; SHEN, G. Q. Critical success factors for modular integrated construction projects: a review. **Building Research & Information**, v. 48, n. 7, p. 1-22, 25 set. 2019. DOI: 10.1080/09613218.2019.1669009.

[13] WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992. 347p.

[14] KOSKELA, L. Application of the new philosophy to construction. **CIFE Technical Report**, v. 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.

[15] ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTO, P.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.

[16] GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente Just-in-Time. Caxias do Sul, EDUCS, 1996. 200 p.

[17] CROSBY, P.B. **Quality is Free: The Art of Making Quality Certain**. McGraw-Hill, New York, NY, p. 309, 1979.

[18] SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System**. New York: Productivity Press, 1986.

[19] BALLARD, G.; TOMMELEIN. I. **Built-in Quality Cycle** [White Paper]. Project Production Systems Laboratory, University of California, Berkeley, CA, 2014.

[20] HOEFT, S. **Stories from My Sensei**: Two Decades of Lessons Learned Implementing Toyota-Style Systems (1st ed.). Productivity Press, 2010. DOI: https://doi.org/10.1201/b10241.

[21] ACE – ALLIED CONSULTUS EUROPE. **Lean Services**: How service organizations meet future challenges. ACE. 2011. Disponível em: <https://consultus.se/wp-content/uploads/ace-2011.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

[22] DAMRATH, F. **Increasing competitiveness of service companies**: developing conceptual models for implementing Lean Management in service companies. Dissertação (Mestrado em Industrial Economics and Management) – Politecnico di Milano, 2012.

[23] JURAN, J.M. **A History of Managing for Quality**: The Evolution, Trends, and Future Directions of Managing for Quality. American Society for Quality Control (ASQC), Quality Press, Milwaukee, WI, 1995.

[24] LIKER, J.K. **Toyota Way**: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill Education, New York, NY, 2004.

[25] MAZZEO, J. **Achieving Built-in-Quality**: Actions and Implementation. 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/AprilBright/achieving-builtinquality-actions-and-implementation-omtec-2016>. Acesso em: 27 abr. 2024.

[26] STEINHAEUSSER T. et al. Management Cybernetics as a Theoretical Basis for Lean Construction Think. **Lean Construction Journal**. p. 1-14, 2014.

[27] VILLANOVA, S. C. G. **Behavior-based quality system (BBQS)**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – University of California, 2023.

[28] NEACŞU, G.C. et al. Process Analysis and Modelling of Operator Performance in Classical and Digitalized Assembly Workstations. **Processes**, v. 12, n. 3, p. 533–533, 7 mar. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/pr12030533.

[29] STIRBU, L.; BELU, N. DOJO-a Japanese management method applied in the automotive industry. **Quality – Access to Success**. v. 9, n. 12, p. 39-40, 2008.

[30] TETRAHEDRON MANUFACTURING SERVICES. **Dojo implementation through practical training and continuous improvement**, [s.d.]. Disponível em: < https://www.tetrahedron.in/wp-content/uploads/2024/05/DOJO-E-Book-Vol-1.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

[31] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.

[32] ALVAREZ, R; ANTUNES JR., J. A. V. Takt-time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**, vol. 8, n. 1, pp. 1- 18. São Carlos, Brasil - abril de 2001.