Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]BIM E CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA OFF-SITE: CONCEITOS, METODOLOGIAS E APLICAÇÕES PRÁTICAS

BIM and Off-Site Industrialized Construction: Concepts, Methodologies, and Practical Applications

Felipe Biffi
Kata Offsite Ltda | Araucária, PR | felipebiffi@gmail.com

RESUMO

A demanda por melhores práticas e tecnologias na construção civil é crescente e tem impulsionado duas grandes frentes de inovação: a adoção do *Building Information Modeling* (BIM) e o avanço de sistemas construtivos industrializados e modulares. Apesar do reconhecimento global, a aplicação integrada e escalável dessas soluções ainda enfrenta barreiras culturais e regulatórias.

Neste contexto, a Kata Offsite aplica metodologias que combinam DfMA, Engenharia Simultânea, BIM e Lean. O fluxo de desenvolvimento de produto contempla práticas como reuniões de DfMA, protótipos, *firewall* de modelo, *clash detection*, inspeções de qualidade e gestão de lições aprendidas, apoiadas por ferramentas como o *Digital Obeya* e o Ambiente Comum de Dados (CDE). O resultado é um processo colaborativo, integrado e padronizado, que amplia a rastreabilidade da informação e fornece dados estratégicos para o Planejamento e Controle da Produção (PCP).

A análise comparativa de três projetos (A, B e C) evidencia ganhos decorrentes da aplicação sistemática desses métodos. Enquanto os primeiros projetos apresentaram limitações de integração e reaproveitamento de soluções, o projeto C, conduzido com todos os ritos estabelecidos, demonstrou avanços significativos em colaboração com todas as partes envolvidas.

Palavras-chave: construção, off-site, bim, dfma, lean.

ABSTRACT

The demand for better practices and technologies in civil construction is growing and has driven two major fronts of innovation: the adoption of Building Information Modeling (BIM) and the advancement of industrialized and modular building systems. Despite global recognition, the integrated and scalable application of these solutions still faces cultural and regulatory barriers.

In this context, Kata Offsite applies methodologies that combine DfMA, Concurrent Engineering, BIM, and Lean. The product development flow includes practices such as DfMA workshops, prototyping, model firewall reviews, clash detection, quality inspections, and lessons-learned management, supported by tools like Digital Obeya and the Common Data Environment (CDE). The outcome is a collaborative, integrated, and standardized process that strengthens information traceability and provides strategic data for Production Planning and Control (PPC).

A comparative analysis of three projects (A, B, and C) highlights the gains resulting from the systematic application of these methods. While the first projects revealed limitations in integration and reuse of solutions, Project C, developed under all established practices, demonstrated significant progress in collaboration among all stakeholders.

Keywords: *construction, off-site, bim, dfma, lean.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

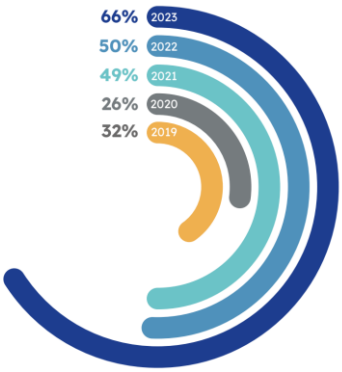
A demanda por melhores práticas e tecnologias para projetos de construção civil é amplamente reconhecida pelo mercado global. Observam-se duas grandes frentes de inovação: a difusão e implantação do Building Information Modeling (BIM) e os sistemas construtivos industrializados e modulares, estes últimos mais evidenciados no Brasil após a pandemia da COVID-19. Contudo, a adoção de soluções amplamente integradas, padronizadas e escaláveis na forma de construir ainda parece distante da realidade. Essa lacuna pode ser facilmente associada a uma barreira cultural milenar, enraizada em regulamentações e padrões

[1]BIFFI, F. BIM e construção industrializada off-site: conceitos, metodologias e aplicações práticas. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

tradicionais de difícil transformação. Em sentido oposto, observa-se evolução significativa em outros setores na implantação de inovações, como na indústria de manufatura, o que leva à reflexão sobre as soluções capazes de promover avanços em igual proporção no setor da construção.

Uma pesquisa da Logikal Project Intelligence (2022), analisou a porcentagem de sucesso em projetos de construção ao redor do mundo, medida com base no atendimento de metas em três áreas: custos, tempo e qualidade. O relatório revela que os projetos que utilizam BIM são 48% mais bem sucedidos comparados aos que não utilizam. Adicionalmente, enfatiza que 82% dos projetos que alcançaram as metas de tempo, custo e qualidade possuíam pessoas qualificadas, sistemas integrados e processos bem definidos e transparentes. Esses três elementos bem estabelecidos permitiram que os controles de projetos previssem, compreendessem e influenciassem melhor os aspectos de tempo e custo. Este é um insight valioso: se houver eficiência e integração nas áreas organizacionais, o planejamento e a execução de projetos tornam-se mais eficazes, resultando em maior sucesso na entrega. Segundo a Logikal Project Intelligence (2023), é evidenciada a evolução da adoção do BIM, que passou de 32% em 2019 para 66% em 2023, como é possível observar na figura 1.

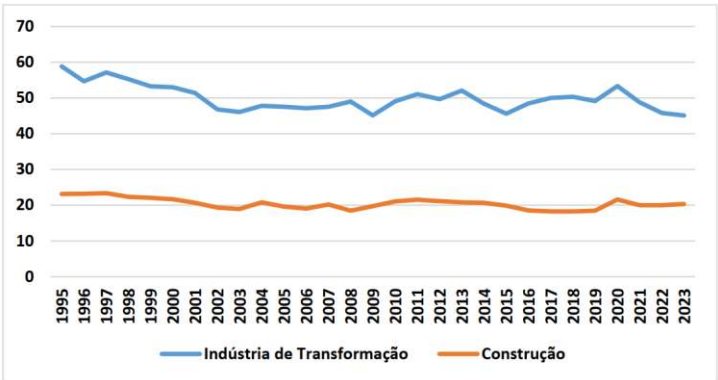
Figura 1: Porcentagem de projetos usando BIM aumentou nos últimos cinco anos.



Fonte: Logikal Project Intelligence (2023)

No que tange aos sistemas construtivos, o aumento da produtividade é um dos pontos centrais a ser alcançado. Relatórios como o da FGV IBRE (2024) são amplamente reconhecidos e comprovam a diferença de produtividade por hora trabalhada entre a Indústria da Transformação e a Construção, setores que mais empregam e concentram horas trabalhadas. Os dados apresentados no Gráfico 1 mostram a estabilização dos índices da construção entre 1995 e 2023, representando 28 anos sem mudanças efetivas.

Gráfico 1: Evolução da produtividade por hora trabalhada para os principais setores da indústria (indústria de transformação e construção civil) – Brasil: 1995 até 2023 – Em R$ de 2021



Fonte: FGV IBRE (2024)

A busca por maior industrialização é natural diante dos números e estudos publicados. Aponta-se que sejam possíveis reduções de cerca de 80% do escopo on-site e de 30% a 50% no cronograma do produto (do projeto à construção e entrega). Entre outros benefícios, destacam-se a diminuição do desperdício de materiais, a redução de atrasos relacionados ao clima e a melhoria da engenharia de construção, sobretudo quando se recorre ao uso do BIM, metodologia e tecnologia cujos processos já constituem maior integração entre

sistemas, materiais e pessoas (MODULAR BUILDING INSTITUTE, 2025).

Essas pesquisas reforçam, ano após ano, a necessidade de evolução no setor da construção civil. O déficit habitacional permanece reconhecidamente elevado, a mão de obra torna-se progressivamente mais escassa e a estabilidade econômica global segue frequentemente em risco. Em contraste com a necessidade de melhores resultados, as empresas precisam ser mais enxutas e eficientes. Em virtude disso, ampliam-se os investimentos em sistemas construtivos mais industrializados, que, por sua vez, exigem maior eficiência no desenvolvimento de produtos e maior integração de processos e colaboração entre stakeholders.

A integração e a eficiência no ciclo de vida do produto da construção constituem um dos pilares conceituais do *Building Information Modeling* (BIM). Portanto, os resultados são potencializados com o uso combinado do sistema construtivo industrializado e do BIM.

1.2 Objetivos

Esta nota técnica tem como objetivos:

a) elucidar os conceitos, metodologias e ferramentas envolvidas no desenvolvimento de projetos de construção civil industrializada off-site;

b) demonstrar a aplicação prática e os benefícios do uso do BIM na construção industrializada off-site

2 TÉCNICA

2.1 Método

A abordagem estratégica voltada ao desenvolvimento de produtos na construção civil industrializada difere da construção convencional em dois pontos principais: o uso do Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) e da Engenharia Simultânea.

Segundo CBIC (2024, p. 22),

> O Design para Fabricação e Montagem (DfMA) é uma metodologia de engenharia que visa reduzir o tempo de lançamento no mercado e os custos totais de produção. Essa metodologia foca, desde as fases iniciais do design, tanto na facilidade de fabricação das partes quanto na simplificação do processo de montagem dos componentes no produto final. Aplicar o DfMA significa incorporar uma abordagem sistemática que leva em consideração a produção e a montagem logo na fase de concepção do produto, promovendo um ciclo de vida mais eficiente e econômico.

Por sua vez, o DfMA integra a Engenharia Simultânea, metodologia amplamente utilizada na indústria da manufatura que promove a colaboração entre diferentes áreas de engenharia de forma concomitante ao desenvolvimento do produto, com o objetivo de reduzir o tempo de lançamento de novos produtos industrializados no mercado (MTC, 2025, p. 90). A título de exemplo, pode-se destacar a participação da Engenharia de Processos, analisando, validando e desenvolvendo novos processos, frequentemente por meio de protótipos. Adicionalmente, ressalta-se a atuação da Engenharia de Suprimentos, responsável por analisar a disponibilidade e os custos de materiais e componentes em estudo.

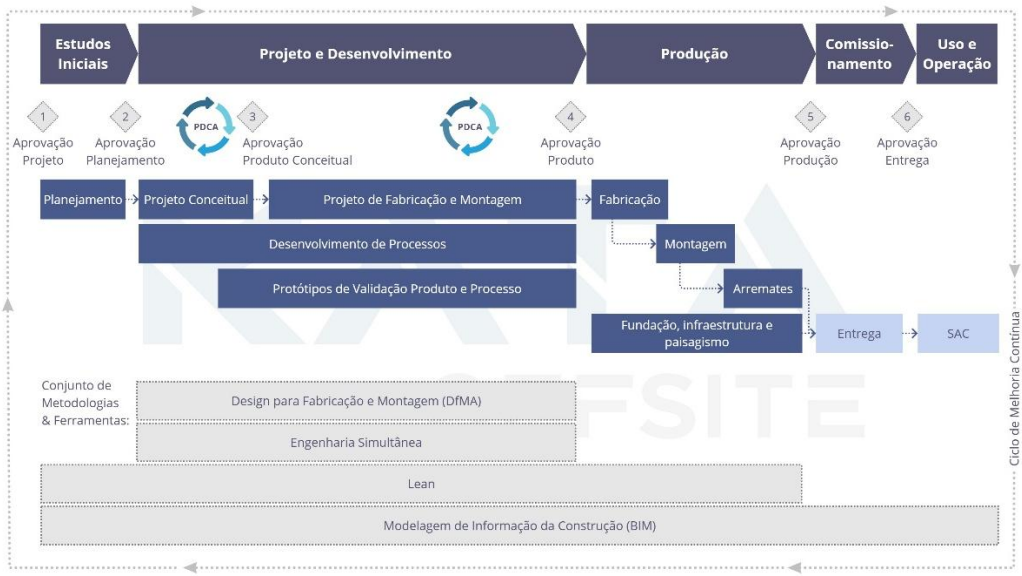
Com vistas a aprimorar a eficiência no processo de desenvolvimento de produtos para a industrialização off-site, essas estratégias são combinadas ao uso de BIM e Lean. De acordo com Eastman et al. (2008), o termo BIM pode ser utilizado como verbo ou adjetivo para descrever determinadas ferramentas, processos e tecnologias digitais que têm por finalidade desenvolver um “modelo de informação da construção” com dados relevantes para todo o ciclo de vida. Acerca dos benefícios, os autores afirmam que “quando implementado adequadamente, o BIM facilita um processo mais integrado de design e construção que resulta em melhor qualidade, com menores custos e redução da duração do projeto” (Eastman et al., 2008, p. 1).

Quanto ao Lean, segundo Koskela et al. (2002, p. 211), “Lean é uma forma de desenhar um sistema de produção que minimize o desperdício de material, tempo e esforço para gerar a maior quantidade possível de valor.” O termo foi adaptado e se popularizou como Lean Construction, que, segundo Sacks et al. (2010),

corresponde à adaptação do Sistema Toyota de Produção (TPS) aplicada à construção. Essa abordagem atende aos princípios de redução de desperdícios, maximização de valor e melhoria contínua. Seus conceitos e ferramentas podem ser utilizados em diferentes contextos, e há sinergia relevante entre BIM e Lean.

Todo o arcabouço teórico apresentado é combinado com intensa colaboração e comunicação eficiente, aspectos fundamentais diante da elevada complexidade envolvida no desenvolvimento do produto industrializado. A Figura 2 ilustra uma perspectiva macro de como esses conceitos e metodologias se relacionam e podem ser aplicados na construção industrializada off-site, com o objetivo de favorecer a compreensão.

Figura 2: Fluxo de desenvolvimento de produto industrializado off-site



Fonte: O autor.

2.2 Resultados

De acordo com os métodos apresentados, no fluxo de desenvolvimento de produto off-site, os primeiros passos de planejamento na Kata Offsite concentram-se no uso do BIM, meio pelo qual se desenvolve o projeto de construção civil. Definem-se os objetivos da informação (Usos do Modelo / Usos da Informação), que justificam e orientam toda a criação, gestão e entrega dos dados. Os usos implantados estão embasados na classificação publicada pelo BIME INITIATIVE (2017) e são listados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Usos gerais do modelo e usos por domínio na Kata Offsite

General Model Uses	Domain Model Uses				
	Capturing and Representing	Planning and Designing	Simulation and Quantifying	Constructing and Fabricating	Custom Model Uses
Architectural Modelling	2D Documentation	Conceptualization	Clash Detection	Architectural Modules Prefabrication	Automatic Board Cutting (CNC)
Drainage Systems Modelling	3D Detaling	Design Authoring	Constructability Analysis		
Foundations Modelling				Mechanical Assemblies Prefabrication	MEP Analysis
HVAC Systems Modelling			Quantity Take-off		Documentation for MEP Prefabrication and Assembly
Hydraulic Systems Modelling			Structural Analysis		
Modular Units Modelling					
Power Systems Modelling					
Sanitary Systems Modelling					Documentation for Structural Prefabrication and Assembly
Timber Structures Modelling					
Wood Frame Modelling					

Fonte: O autor.

A partir dos objetivos de geração de informação, são definidos os requisitos para o desenvolvimento de produto, as ferramentas de projeto, gestão e comunicação, além de cronogramas, fluxogramas, processos e procedimentos. Esses elementos são registrados em aplicativos de gestão, documentados em *BIM Mandates* e Planos de Execução BIM (BEP) e compartilhados com todas as partes interessadas.

Em relação às ferramentas de modelagem BIM, utilizam-se pacotes de softwares que trabalham integrados

via modelos IFC, formato aberto de intercâmbio de dados no BIM. No caso da modelagem de arquitetura, é utilizado o Autodesk Revit; para a modelagem estrutural, combina-se o Autodesk Revit com software especializado em análise de elementos finitos; e, para as instalações elétricas, hidrossanitárias, gás e ar-condicionado, emprega-se o AltoQi Builder. Em todas essas plataformas, além da modelagem BIM, são desenvolvidas as documentações de fabricação e montagem. O *BIM Mandate* e o BEP são disponibilizados para assegurar que a informação seja devidamente entregue no formato especificado pela coordenação. Isto é, além da modelagem geométrica, também é realizada a modelagem de informação 1D, garantindo rastreabilidade a todos os objetos quanto a seus agrupamentos e aplicabilidades, aspecto fundamental para a extração de dados e a formatação de ordens de produção, listas de materiais e automações futuras necessárias ao Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Antes de detalhar as etapas de projeto, visando complementar o entendimento, é importante destacar que, na Kata Offsite, foram desenvolvidos e estabelecidos ritos que asseguram a adoção das práticas de DfMA e Engenharia Simultânea a cada desenvolvimento de produto. Esses ritos consistem em:

a) **Reuniões de DfMA**: consultas e colaborações com especialistas de outras áreas da empresa para resolução de soluções técnicas;

b) **Protótipos e Firewall de Modelo**: com foco em análise de construtibilidade e inspeção de qualidade, o protótipo consiste na produção antecipada de determinada solução para validar hipóteses que sustentem decisões de produto e processo. O *Firewall* de Modelo é um processo de análise minuciosa do fluxo de montagem do produto, utilizando o Modelo Federado (modelos BIM sobrepostos), em etapa anterior à elaboração das documentações de projeto, com a colaboração das demais engenharias;

c) ***Clash Detection***: por meio de aplicações BIM, utilizam-se recursos de identificação automatizada de interferências entre elementos de diferentes disciplinas de projeto;

d) **Inspeção de Qualidade**: os entregáveis de produto ficam disponíveis para inspeção dos clientes internos (engenharia de operações, processos, suprimentos etc.), com foco em verificar a completude e a consistência das informações;

e) **Gestão de Lições Aprendidas:** melhorias sugeridas por todos os *stakeholders* são coletadas e geridas para rodadas de revisão das documentações ou para novos produtos.

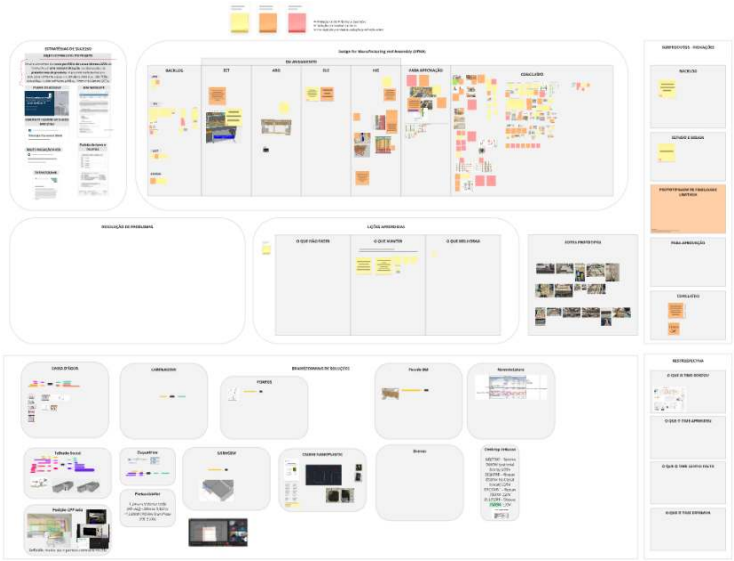
Em conformidade com esses ritos, os projetos de arquitetura conceitual são os primeiros a serem desenvolvidos. De caráter mais genérico, utilizam modelos com menor Nível de Detalhe (ND) e Nível de Informação (NI), garantindo o atendimento a requisitos macro, como dimensões máximas de módulos, separação de ambientes, dimensões gerais da edificação, opcionais de customização e estratégias de layout. Alguns dos requisitos dessa fase incluem regulamentações locais, necessidades do público-alvo, preço de venda, logística, premissas e boas práticas que aumentam a eficiência das engenharias de instalações, fabricação e montagem. Nessa etapa, especialistas sêniores das engenharias são consultados para apoiar a tomada de decisões. Uma vez aprovados os produtos conceituais, toda a informação é transmitida às demais equipes, visando ao desenvolvimento detalhado para fabricação e montagem.

Assim que o produto conceitual é disponibilizado, iniciam-se etapas de intensa colaboração com a Engenharia de Processos, convergindo opções de design em escolhas assertivas para maior eficiência do produto em todas as fases posteriores de produção. O trabalho da equipe de projetistas consiste em gerar insumos visuais suficientes para as discussões em reuniões de DfMA, de modo a suprir lacunas de conhecimento sobre as opções de engenharia. As ações e os protótipos necessários para validar hipóteses e processos são apontados para execução. Busca-se, na execução dos protótipos, validar todos os elementos necessários à tomada de decisão e, por fim, registrar conclusões e fotos para histórico.

Nesse estágio, utiliza-se a ferramenta de gestão *Digital Obeya*, essencial para assegurar transparência e integração de ponta a ponta quanto a requisitos, premissas, cronograma, pontos-chave, desempenho, discussões, resolução de problemas, resultados e registros de lições aprendidas. Em japonês, *Obeya* significa “sala grande”. O conceito, originado no Sistema Toyota de Produção, consiste na estipulação de uma sala física ou virtual de gestão centralizada sobre o projeto, servindo como centro de comando visual, onde todos os envolvidos podem acompanhar andamento, indicadores, problemas e decisões de projeto de forma transparente e integrada. Todos os apontamentos são tratados por Kanban e devem alcançar o estado de

concluído. A Figura 3 apresenta a interface do *Digital Obeya* em um momento específico do cronograma de desenvolvimento.

. **Figura 3: *Digital Obeya* em uso para desenvolvimento de produto na Kata Offsite**



Fonte: O autor.

Para a comunicação, colaboração e gestão da documentação, utilizam-se aplicações BIM do tipo *Ambiente Comum de Dados* (CDE). Todos os envolvidos são cadastrados no CDE e passam a emitir, frequentemente, a evolução de seus modelos para a formação do Modelo Federado. As reuniões de DfMA sempre acontecem amparadas pelas visualizações desse Modelo Federado que, com o uso de filtros e manipulação visual, aprimora o entendimento e facilita as discussões com os *stakeholders*. Nessa fase, extraem-se tópicos relevantes de desenvolvimento ou qualificação, que compõem a lista de pendências (*backlog*) no *Digital Obeya*.

No CDE são realizadas as análises de interferências, fabricação, montagem e construtibilidade. Utilizam-se tópicos em formato BCF (*BIM Collaboration Format*) para comunicar e gerenciar conflitos. As entregas são feitas por *containers* de informação invioláveis, que passam por etapas de inspeção de qualidade e são formalmente compilados em ambiente publicado, disponível para uso dos *stakeholders*. Toda a gestão informacional BIM segue os processos normativos estabelecidos na ABNT NBR 19650 - Parte 1. Além disso, durante a fabricação e a montagem, os processos de cadeia de ajuda registram falhas e melhorias de projeto, as quais são listadas e gerenciadas no CDE, sendo posteriormente desdobradas para revisão e melhoria contínua do produto.

À medida que se desenvolvem o produto e o processo, são definidos os elementos pré-fabricados e as plataformas. Esses elementos alimentam a biblioteca de soluções, materializada por *templates* BIM de projeto e objetos. Tais *templates* servem de base para o desenvolvimento de novos produtos. Assim como na industrialização a padronização é essencial para automatizar e escalar, no desenvolvimento de produto ela é igualmente necessária, pois a padronização da informação contribui para a redução de desperdícios processuais (passos, cliques, erros) e acelera o desenvolvimento de novos produtos, desde que se busque aproveitar a maior parte das plataformas criadas.

O Modelo BIM, resultado do desenvolvimento do produto, constitui um grande banco de dados. Toda informação inserida nos objetos é extraída para gerar listas de materiais separadas por disciplina, componentes e fases de utilização. Também são geradas listas de elementos pré-fabricados, com suas repetições, ordens de fabricação para a linha de produção e planos de carga para a logística. Esses dados são essenciais para o PCP, que os utiliza na geração de ordens de compra e produção, no controle de estoques e no planejamento logístico.

Ao final do desenvolvimento do produto, todos os pacotes informacionais são entregues por fluxos BIM dentro do CDE. Organizadas por estados de maturidade e confiabilidade da informação, as documentações são gerenciadas e transitam pelas pastas do ambiente digital. Assim que alcançam o estado de aprovação pela

coordenação, ficam disponíveis para as áreas de suprimentos, operações e logística, sendo liberadas para compras, fabricação e montagem.

Na fase de produção, toda informação de projeto é disponibilizada em tablets e notebooks, que os operadores utilizam para leitura de cotas, detalhes e visualização das soluções. A aplicação utilizada é o próprio CDE, o que garante que as pranchas visualizadas estejam sempre em sua versão final. Da mesma forma, qualquer revisão urgente de informação chega instantaneamente às mãos do operador, agilizando a resolução de problemas. Os operadores acionam a cadeia de ajuda sempre que há dúvidas ou inconsistências; a equipe de suporte recebe o comunicado, qualifica a informação e retorna. Quando necessário, tarefas são registradas no CDE para revisão futura, como parte do processo de melhoria contínua. O mesmo ocorre nas etapas de execução da obra, como fundação, infraestrutura, montagem e paisagismo.

Os dados gerados durante o desenvolvimento de produto e da produção são transformados em indicadores e comunicados por meio de *dashboards*, auxiliando a engenharia em ações, tomadas de decisão e processos de melhoria contínua.

A seguir, são apresentados os dados reais coletados para fins comparativos entre três produtos, identificados como A, B e C, mantendo-se o sigilo acerca de seus proprietários. Cronologicamente, o projeto A foi o primeiro a ser desenvolvido, seguido pelo projeto B e, por último, pelo projeto C. Este último difere dos demais por ter seguido integralmente os ritos estabelecidos pela Kata Offsite, tal como apresentado no início desta seção. No Quadro 2 são apresentadas as características de cada projeto com seus respectivos níveis de industrialização.

Quadro 2: Projetos com aplicação parcial, total ou sem aplicação dos ritos e suas características.

Projeto	Tipologia	Área (m²)	Ritos de Projeto	Nível de industrialização
A	Casa térrea, sem garagem.	53,54	Desprovido de aplicação ou aplicação parcial dos ritos.	Sistema Light Wood Frame, paredes painelizadas 2D fechadas com kits elétricos e hidrossanitários, com esquadrias de alumínio instaladas, sem pintura; forros painelizados 2D com kits elétricos e lã de isolamento, sem pintura; módulos volumétricos 3D de banheiro, interior acabado com cerâmica, aparelhos sanitários e pintura; calhas e rufos pré-fabricados.
B	Casa térrea, sem garagem.	75,15	Desprovido de aplicação ou aplicação parcial dos ritos.	Idêntico ao Projeto A.
C	Casa térrea, com garagem.	155,56	Aplicação integral dos ritos.	Idêntico ao Projeto A.

Fonte: O autor.

Na sequência, a Tabela 1 apresenta os dados coletados durante o desenvolvimento de produto (BCF e *Obeya*), fabricação e montagem (Produção) desses projetos. É importante frisar que, nos projetos A e B, não foram obtidos dados do *Digital Obeya*, pois essa prática de gestão não havia sido aplicada. Adicionalmente, não há dados da produção do projeto C, uma vez que, até o momento da elaboração deste artigo, sua etapa de produção ainda não havia ocorrido, apesar de o desenvolvimento já estar concluído.

Tabela 1: Quantidade total de tópicos registrados em cada projeto.

Projeto	BCF	Obeya	Produção
A	27	-	68
B	49	-	97
C	107	178	-

Fonte: O autor.

3 DISCUSSÃO

As abordagens apresentadas de colaboração com Engenharia de Processos e Suprimentos, além das consultas a especialistas em fases de concepção, são elementos que caracterizam a aplicação do DfMA, conforme elucidado por CBIC (2024, p. 22). Além disso, a colaboração evidenciada em todas as etapas de

desenvolvimento é conceito fundamental e base de todas as metodologias apresentadas.

O planejamento, com a definição de todos os requisitos para o desenvolvimento de produto, das ferramentas de projeto, gestão e comunicação, bem como de cronogramas, fluxogramas, processos e procedimentos documentados em *BIM Mandates* e Planos de Execução BIM (BEP), constitui prática do BIM e favorece o bom andamento do processo de projeto. Outro ponto relevante é que o desenvolvimento de produto apoiado pelo BIM auxiliou expressivamente o projeto com a metodologia DfMA e Engenharia Simultânea, em relação a favorecer a modelagem colaborativa e simultânea através do CDE, fornecer visualizações 3D precisas para análises e tomadas de decisão, nos fluxos de gestão de documentação para entrega aos clientes internos e no registro de tópicos para melhoria contínua.

No tocante à geração de informação 1D relevante ao longo do desenvolvimento de projeto, demonstra-se a aplicabilidade para a industrialização na geração automatizada de dados para o PCP, facilitando a elaboração de relatórios, ordens de produção, suprimentos e demais documentações a serem utilizadas ao longo do ciclo de vida do produto, conforme indicado por Eastman et al. (2008). A integração apontada pelo autor também é evidenciada e potencializada com o uso combinado de DfMA e *Digital Obeya*. Entretanto, o autor indica redução na duração de projeto, fato que é evidenciado na fase de produção se considerarmos “projeto” como o ciclo de vida do produto, do planejamento ao comissionamento. Por outro lado, se considerarmos apenas a fase de desenvolvimento, no produto industrializado off-site observa-se maior duração no primeiro desenvolvimento, havendo redução a partir da prática sugerida pelo DfMA, com a definição de plataformas de produto, e não puramente pelo uso do BIM.

Alinhado à definição de Lean apresentada por Koskela et al. (2002, p. 211), se aproximarmos a terminologia de “sistema de produção da manufatura” para “sistema de produção de projeto”, o fluxo apresentado sustenta fortemente o argumento de que reduzirá desperdícios de material, tempo e esforço para gerar a maior quantidade possível de valor, visto os métodos utilizados de DfMA, comprovando a aplicação de melhoria contínua com os dados apresentados na Tabela 1.

O fluxo de desenvolvimento de produto off-site, que sintetiza os conceitos e ferramentas, foi materializado pela empresa por meio de ferramentas, processos e ritos descritos e apresentados de forma direta e replicável. Contudo, nota-se a densidade de conceitos e ferramentas necessária para alcançar os melhores resultados de desenvolvimento. Dessa forma, é importante frisar que, entre os benefícios coletados por essas práticas, está a possibilidade de reutilizar soluções de produto para o desenvolvimento de novos, flexibilizando interfaces de valor percebido pelo cliente final, mas fixando partes importantes já validadas pelo DfMA que garantem os benefícios da industrialização. Essa dinâmica de encurtamento do tempo de lançamento de novos produtos ao mercado é esclarecida na definição segundo CBIC (2024, p. 22). Para comprovação dessa tese, indicam-se estudos comparativos baseados na elaboração de um portfólio de produtos desenvolvidos a partir de plataformas.

Com as informações apresentadas no Quadro 2 e Tabela 1, observa-se que a área construída é significativamente superior no projeto C em comparação aos demais, contudo este não difere em tipologia e características gerais da edificação, como pé-direito, cobertura, materiais empregados, sistema construtivo e, principalmente, nível de industrialização. Apesar de não haver dados coletados da produção do projeto C, o aumento expressivo no número de tópicos BCF e o registro significativo de tópicos criados no *Digital Obeya* indicam claramente maior interação dos envolvidos durante o desenvolvimento do produto, o que, conforme as referências da seção 2.1, possibilita melhoria da qualidade nas entregas para fabricação e montagem.

É importante também destacar que, no método empregado, há indícios de redução dos riscos associados ao acionamento da cadeia de ajuda durante a fabricação e montagem, sejam por erros de projeto, inconsistências ou faltas de informação, uma vez que os clientes internos, como Engenharia de Processos, Operações e Suprimentos, participaram do desenvolvimento e aprovação do projeto. Assim, acredita-se fortemente que haverá reduções expressivas na criação de tópicos de produção em comparação aos demais projetos.

O número de tópicos de produção gerados pela cadeia de ajuda, apresentados na Tabela 1 para os projetos A e B, indica retrabalhos. Esses projetos não foram desenvolvidos dentro da metodologia apresentada. Nota-se também que, no caso do projeto B, realizado após o projeto A, não houve redução de interações, evidenciada pela quantidade de tópicos superior à do projeto A, contrário do que seria esperado com a aplicação das técnicas expostas no tocante ao reaproveitamento de soluções, peças e partes. Não obstante, o projeto C não apresenta dados da fase de produção. Dessa forma, sugerem-se novos estudos comparativos, com dados obtidos diretamente da produção, entre projetos que seguiram as metodologias e aqueles que não.

4 CONCLUSÃO

Considerando os objetivos propostos, observa-se a possibilidade prática de aplicação dos métodos expostos e das dinâmicas de sua utilização, esclarecendo como os conceitos podem ser empregados no desenvolvimento de projetos de construção industrializada off-site com BIM. É importante salientar que a complexidade envolvida se faz necessária diante da pré-fabricação, em que as tolerâncias dimensionais são menores e o alinhamento aos processos fabris são imprescindíveis para escalabilidade, do que presenciado na construção civil convencional. Além disso, os erros tornam-se exponencialmente mais impactantes devido à proporção entre o tempo de desenvolvimento de projeto e o tempo de fabricação e montagem ser inversamente proporcional ao praticado no convencional, ou seja, investe-se muito mais tempo no desenvolvimento para permitir uma produção ágil. Com isso, qualquer indefinição, omissão ou falha nas soluções gera custos significativos para a operação.

É igualmente importante frisar que, tanto quanto o produto e a fabricação devem ser escaláveis, o desenvolvimento de produto também precisa ser. Para isso, conforme demonstrado, é necessário incorporar práticas de padronização e replicabilidade de soluções, kits, peças e partes, denominadas de plataformas. Dessa forma, todo novo produto pode aproveitar o esforço despendido no primeiro desenvolvimento, uma vez que grande parte das interfaces e soluções é reaproveitada.

De forma geral, a utilização do BIM mostrou-se imprescindível no suporte aos envolvidos, desde as atividades de planejamento até a modelagem da informação, a colaboração e as entregas. Quando combinados aos métodos de DfMA, Engenharia Simultânea e Lean, os benefícios são potencializados pela sinergia em conceitos fundamentados na colaboração, na redução de desperdícios materiais, operacionais e informacionais, resultando em aumento de eficiência. Ao final, a redução de perdas reflete diretamente em maiores margens de lucro, mantendo a competitividade mercadológica. Em um mundo cada vez mais dinâmico e digital, a excelência sistêmica torna-se imprescindível para a sobrevivência empresarial e para o avanço tecnológico.

Os resultados obtidos permitem afirmar que o uso do BIM na construção industrializada apresenta fortes indícios de benefícios, demonstrados neste trabalho predominantemente em aspectos intangíveis, como colaboração, organização, compartilhamento de dados, digitalização de documentação para a linha de produção e suporte às decisões.

Este trabalho abre caminho para investigações futuras sobre os benefícios tangíveis a partir de dados empíricos, uma vez que os quadros apresentados constituem indícios que complementam a tese de melhoria com o uso dos métodos, mas que poderiam ser mais explorados a fim de conferir maior robustez aos resultados. Além disso, sugere-se a exploração aprofundada dos conceitos apresentados - DfMA, Engenharia Simultânea, Plataformas e Lean - e de seu uso colaborativo com o BIM na construção industrializada off-site.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta nota técnica apresentou conceitos e metodologias do uso do BIM aplicados à construção off-site, ressaltando suas diferenças em relação à construção convencional, sobretudo pela necessidade de maior precisão geométrica e alinhamento com processos fabris e de montagem. Foram descritos ritos e práticas que materializam esses conceitos e que evidenciam benefícios concretos, como maior colaboração entre produto e processo, aplicação da melhoria contínua e digitalização por meio do CDE.

Embora se observem avanços, a ausência de dados empíricos limita conclusões mais robustas sobre a qualidade final dos produtos. Recomenda-se aprofundar os estudos, especialmente na integração entre BIM, DfMA, Engenharia Simultânea, Plataformas e Lean. O movimento global em busca de inovação no setor da construção mostra a importância de incentivar novas pesquisas sobre a industrialização off-site apoiada pelo BIM.

REFERÊNCIAS

BIME INITIATIVE. **211in model uses list**. Melbourne, Australia, 2017. Disponível em: https://bimexcellence.org/files/211in-Model-Uses-Table.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Guia de desenvolvimento e adoção de plataformas de produto na construção: parte 1 – fundamentos.** Brasília: CBIC, 2024. 47 p. Disponível em: https://brasil.cbic.org.br/acervo-publicacao-guia-de-desenvolvimento-e-adocao-de-plataformas-de-produto-na-construcao. Acesso em: 16 ago. 2025.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV IBRE). **Produtividade do trabalho no Brasil: uma análise dos resultados setoriais no período 1995-2023**. Rio de Janeiro: FGV IBRE, 2024. 7 p. Disponível em: https://ibre.fgv.br/sites/ibre.fgv.br/files/arquivos/u65/produtividade_do_trabalho_no_brasil_uma_analise_dos_resultados_setoriais_no_periodo_1995_2023.pdf. Acesso em: 05 ago. 2025.

KOSKELA, L.; HOWELL, G.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **The foundations of lean construction**. In: BEST, R.; DE VALENCE, G. (ed.). Design and construction: building in value. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. p. 211-226. DOI: https://doi.org/10.4324/9780080491080-16.

LOGIKAL PROJECT INTELLIGENCE. **Integrated project controls & digital survey insights**. Perth, Western Australia: Logikal, 2022. 26 p. Disponível em: https://logikalprojects.com/insights/2022-project-controls-and-digital-insights-survey-report/. Acesso em: 05 ago. 2025.

LOGIKAL PROJECT INTELLIGENCE. **The future of PMO: global PMO insights report**. Perth, Western Australia: Logikal, 2023. 23 p. Disponível em: https://logikalprojects.com/insights/2023-24-global-pmo-insights-report/. Acesso em: 05 ago. 2025.

MANUFACTURING TECHNOLOGY CENTRE (MTC). **Transforming performance and productivity in the construction industry**. Coventry, Reino Unido: MTC, 2025. Disponível em: https://pubhtml5.com/vgjv/wxxk/MTC_Construction_Handbook/. Acesso em: 06 ago. 2025.

MODULAR BUILDING INSTITUTE (MBI). **What is modular construction?**. Charlottesville, Virginia: Modular Building Institute, [2023?]. Disponível em: https://pt-br.modular.org/what-is-modular-construction/. Acesso em: 16 ago. 2025.

SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B. A.; OWEN, R**. Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management**. Reston, VA, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203.