

BIM, digitalização e estratégia de industrialização do sector AEC

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.14>

Miguel Pires¹, Pedro Carneiro¹

¹ TOPBIM by Grupo Casais, Braga

Resumo

O sector AEC encontra-se numa fase de disrupção, resultante da ausência de mão de obra especializada e operacional, processos que implicam baixa produtividade, incorporando atualmente um novo vetor crítico relacionado com a urgência climática e transformações associadas.

Esta crise do sector motiva uma enorme preocupação, mas em simultâneo promove uma excelente oportunidade de mudança, que na visão da CASAIS será ultrapassada estrategicamente através da forte adoção da digitalização orientada para a industrialização.

São explicados os passos de investigação e desenvolvimento implementados para a conceção e incorporação de soluções industrializadas em projetos de edifícios. Descrevem-se as metodologias de organização da informação, testagem em protótipos para análise da performance dos produtos, sustentabilidade, KPI de produção, resistência, durabilidade, entre outros.

São também expostos os passos necessários para determinar o potencial de industrialização de projetos tradicionais, não concebidos inicialmente para esse fim, adaptando-os às soluções modulares, através de mecanismos tendencialmente automatizados (*mass customization*).

É demonstrada a possibilidade de integração desde a origem do conceito, até ao produto acabado, da metodologia BIM orientada para o *Design For Manufacturing and Assembly*. Desde o projeto original, à conceção da Arquitetura e da Estrutura, até às soluções modulares de compartimentos do edifício, enquadrando toda a filosofia de industrialização da construção para coexistência com o processo de DfMA.

Por fim, são expostas algumas das estratégias adotadas para transformar uma abordagem modular numa aplicação concreta e real e também como, através da obra, se pode retroalimentar os modelos de informação para monitorização, aprendizagem e aprimoramento dos processos.

1. Introdução

Para além da evidente insuficiência de rendimento produtivo quando em comparação com as outras indústrias [1], à data concorrem outros fatores que colocam em risco o status quo do sector AEC construção. Como exemplo, é de referir o desaparecimento consistente de mão-de-obra e consequente aumento de preço [2], associado ao despertar de uma consciencialização da necessidade de uma ação pró-climática geral uma vez que a indústria da construção é, por um lado extremamente extrativa e, por outro, extremamente poluente e geradora de resíduos [3]. A industrialização fortemente digitalizada (BIM – modelos, processos e gestão de informação) é uma clara aposta do Grupo Casais, como resposta aos problemas mencionados no sentido da sua inflexão e de demonstração da capacidade de adaptação às circunstâncias, fazendo face a desafios ímpares partilhados com toda a sociedade.

O presente artigo expõe a filosofia de industrialização implementada no Grupo Casais, conforme tem emergido nos últimos anos, que apresenta casos de estudo suficientes para suporte de uma visão geral da estratégia e processos passo-a-passo.

2. Industrialização da Construção – Panorama geral

Para melhor enquadramento geral das etapas associadas ao caminho de uma abordagem mais digital e industrializada da construção devemos ter em conta a Figura 1 onde se caracteriza de forma sucinta as fases, intervenientes, processos e cadeias de informação associadas.

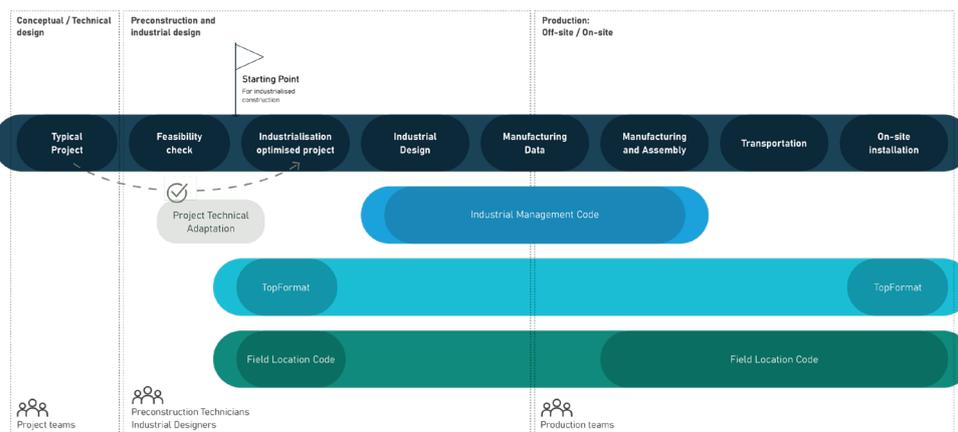


Figura 1
Fases, equipas, processos e cadeias de informação.

Resumidamente, são de considerar três grandes fases nas quais se sequenciam os processos:

Na fase de desenvolvimento técnico e conceptual, levada a cabo pelas equipas projetistas, é desenvolvido um projeto correspondente a uma solicitação específica de um cliente. De forma convencional, a inclusão de práticas beneficiadoras da industrialização não faz parte da solicitação. Como tal, o produto desta fase é o que chama de “projeto convencional” (idealmente, um anteprojecto). Na fase de desenvolvimento de pré-construção e design industrial o objetivo é, em primeira instância, determinar a viabilidade do projeto no sentido da abordagem industrializada e, caso exista, por um lado, proceder a todas as alterações e validações técnicas necessárias para o otimizar para a dita produção e, por outro, enriquecer o projeto com informação a fornecer às equipas de produção, no momento de charneira entre fases. Na última fase, a fase de produção *off-site* e execução *in-situ*, as equipas de produção utilizam toda a informação constituída na fase anterior - conforme solicitado pela equipa de produção - para fabricar e montar os componentes em ambiente industrial, organizar a logística necessária ao seu transporte e armazenamento no local de aplicação (obra) e executá-los *in-situ*.

As cadeias de informação, sucintamente, correspondem à atribuição a todos os elementos a fabricar de 3 códigos: de gestão industrial (identificador exclusivo de cada componente no ambiente industrial), de classificação do produto no universo do Grupo Casais e de atribuição do sector de aplicação em obra (ambos descritos em maior detalhe na secção 7). Na fig.1, também podemos ver em que fase são introduzidos e até quando são relevantes.

É importante ainda outro esquema (Fig.2) que resume os 4 grupos dos vários graus dos projetos para acomodarem uma abordagem mais industrializada / fabrico *off-site* dos seus componentes.

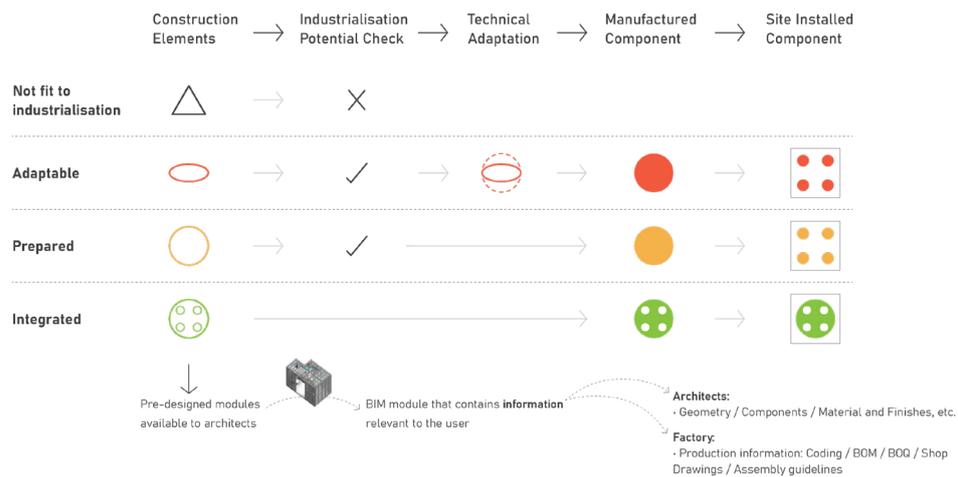


Figura 2
Abordagem de projeto com respeito à industrialização.

Esta triagem é feita a montante de tudo no “Estudo de Viabilidade”, após o qual se consegue identificar até que ponto é razoável aplicar a lógica do fabrico tipo linha de montagem aos componentes de cada projeto, ou seja, qual o seu potencial de industrialização. Em casos ostensivamente inaptos (pensemos numa reabilitação em que cada componente é diferente de todos os outros para se adaptar a uma pré-existência

nada modular), é eliminado o projeto da grelha de industrialização. Por outro lado, podemos ter um projeto adaptável, ou seja, que apesar de não ter sido desenvolvido conceptualmente para tal, apresenta potencial para industrializar, após ajustes pontuais (adaptação técnica). Há ainda o grupo do projeto preparados para acomodar a industrialização, nos quais a filosofia é altamente modularizada, tanto que não só dispensa o estudo de viabilidade como a própria adaptação técnica. Por fim, uma abordagem de mentalidade integralmente industrial é imaginada como integradora em projeto de produtos pré-concebidos pela indústria que os vá construir. Nesta abordagem, o projetista dispõe de módulos (ou sub-módulos de módulos) cuidadosamente preparados num cardápio para facilitar a sua consulta e utilização, com informação embutida relevante para cada tipo de utilizador de cada fase. Por exemplo, módulos com toda a informação estética, geométrica e construtiva para consumo do projetista e códigos de gestão industrial e instruções de fabrico direcionados à equipa de produção a quem sejam encomendados. Atualmente, no mercado nacional, a abordagem mais frequente é a adaptável, mas começam a surgir solicitações dos níveis seguintes. Cada vez mais por parte dos próprios clientes, no sentido de agilizar a construção e garantir a qualidade da execução.

3. Estudo de viabilidade de um projeto para abordagem industrial

No estudo de viabilidade, determinante para verificar o potencial de industrialização do projeto em análise, é feita uma análise de deteção de padrões para todos os componentes, numa perspetiva de os poder vir a produzir industrialmente, ou seja, em série/linhas de montagem partilhadas. A quantidade de elementos similares é o fator chave nesta primeira verificação. Daí que compartimentos altamente *standardizáveis*, como é o caso das instalações sanitárias ou cozinhas, sejam logo tidos em conta. Neste processo, também é classificada a não padronização em dois tipos: não ajustável e ajustável. Esses elementos só encaixam na estratégia caso exista margem para acomodar a adaptabilidade necessária, tais como abertura do cliente, abertura dos projetistas, características dos materiais, constrangimentos geométricos ou regulamentares, etc. A segunda verificação é a *clusterização*, ou seja, após a adaptação expectável, qual o número de grupos e sub-tipologias alcançáveis. Neste passo, imaginando o cenário do processo produtivo, é determinante conseguir um número razoável de variações a produzir, o mais baixo possível. Por exemplo, para um grupo de 400 I.S. similares, após ajuste, conseguir apenas 20 tipologias (muitas linhas e instruções de fabrico partilhadas) é um bom indicador, ao passo que 100 tipologias (ainda que cada corresponda a 40 unidades) poderá representar um constrangimento da operação, quer pela necessidade de criação e dificuldade de gestão de instruções de fabrico, quer pelas logísticas de armazenamento e planeamento.

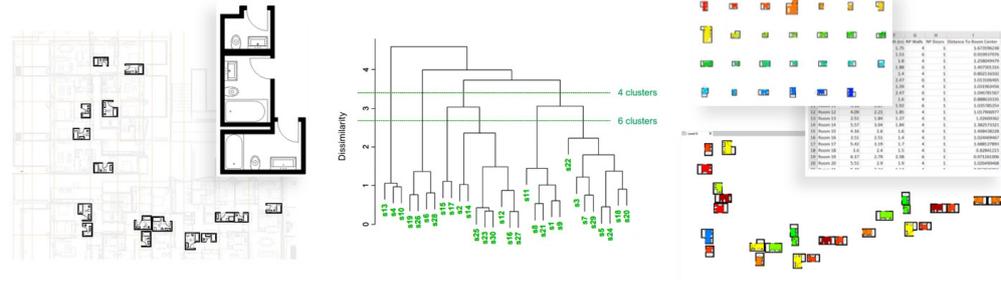


Figura 3
Hierarchical Clustering
(automático) de modelo
parcial com LOD200.

Ainda que ambas as verificações possam ser feitas de forma convencional, é possível socorrer-se de automatização via algoritmos de *hierarchical clustering* (Fig. 3) para deteção de padrões e categorização dos grupos possíveis (incluindo previsão de ajustes para maior standardização), com um número mínimo de inputs do utilizador e com base numa modelação muito preliminar (LOD200) como base de informação (Rooms, Walls, Componentes com instalações MEP e portas, para o exemplo de uma I.S.), conforme visível na Fig. 3. Nesta abordagem, os resultados da análise são obtidos de forma muito expedita e com consistência superior.

4. Adaptação técnica do projeto base

Após a validação do ponto 3, recordando a Fig.2, não é suficiente reconhecer o potencial de um projeto A – projeto base. De seguida, procede-se à adaptação na qual a pré-construção se encarrega do seu redesenho, para representação do impacto das adaptações necessárias (ponto 5), constituindo um projeto B – otimizado para fabrico industrial. Este passo é fundamental, já que o projeto A é o produto de conformidades próprias implícitas, de solicitação do dono de obra (solução de programa e geometria) e constrangimentos especiais (técnicos, regulamentares, etc). Assim, antes de avançar com a produção, é necessário submeter o projeto B à validação dos projetistas e cliente, para a derradeira validação externa.

5. Industrialização e DfMA: BIM de A a Z, do projeto à produção e execução

Com o projeto B validado (*compliance* técnico, espacial, geométrico, regulamentar, etc.), procura-se nesta fase de pré-construção e design industrial construir a informação que instruirá o fabrico, garantindo outros dois *compliances* previamente acordados com as equipas produtivas: standards de produção industrial e de transporte/logística. A informação é introduzida e consumida em três escalas de atuação, a que chamamos de “Macro BIM” (pré-construção, à escala do edifício/arquitetura 1/100 – 1/50), “Micro BIM” (à escala mais aprofundada da arquitetura 1/20 – 1/10) e, por fim, “Nano BIM” (à escala dos componentes/design industrial e elementos e instruções de fabrico).

Para o “Macro BIM”, os fatores críticos são a integração do módulo completo na generalidade das plantas do edifício (coordenação geral com larguras de corredores, coretes, estrutura, etc.)

Para o “Micro BIM” (Fig.4), os fatores críticos são:

- 1) garantir folgas, espessuras, pormenores, margens de segurança, resistência e reforços dos materiais, etc. e encaixa com os standards específicos da indústria;
- 2) garantir que as especificidades relacionadas com a manobra, o transporte, a *stockagem*, e a própria operação dos trabalhadores e das máquinas são acautelados;
- 3) constituir modelo de informação LOD300/350 e documentação de arquitetura (escala 1:20) que servirão de base aos próximos processos, tanto geometricamente como pela classificação dos componentes e do respetivo sector de aplicação (ponto 5).

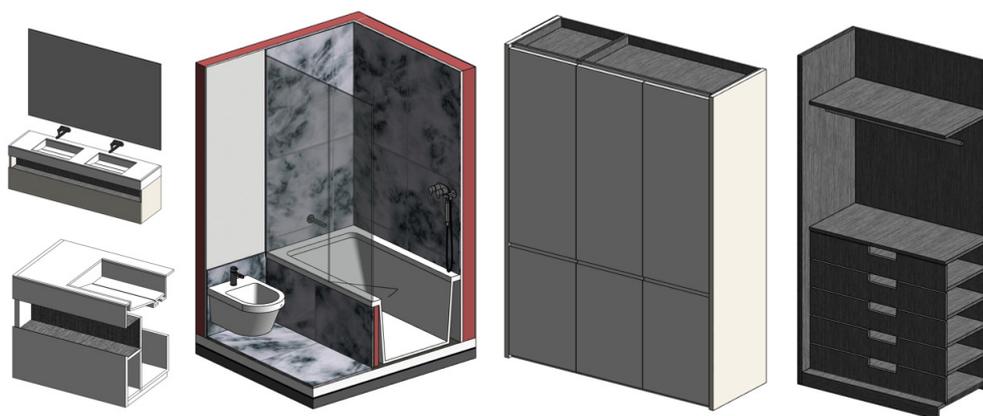


Figura 4
“Micro BIM” –
componentes de
arquitetura.

Por fim, na charneira entre a pré-construção e a equipa de produção industrial, a informação é entregue à segunda, para ser assimilada pela gestão industrial e convertida em instruções no standard de comunicação específico do chão de fábrica – dados para fabrico -, via o “Nano BIM”. Ao nível do “Nano BIM” (Fig.5/Fig.6), o pretendido é desconstruir os elementos macro nas peças fundamentais (micro – parafusos, dobradiças, etc.), com o detalhe a uma escala mais próxima da realidade (1:1 a 1:10) – LOD 400/500. Pretende-se obter uma listagem de todos os componentes e respetivas quantidades (*BOQ – Bill of quantities / BOM – Bill of materials*), incluindo já um controlo mais profundo da exequibilidade de montagem, garantido pela ação da equipa de design industrial.

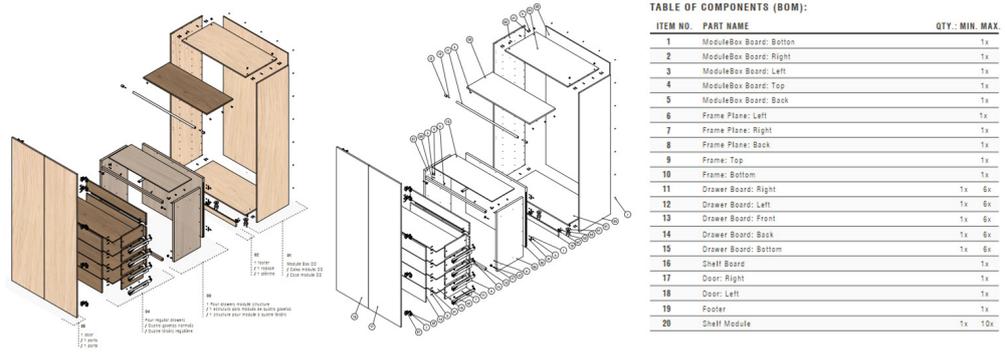


Figura 5
“Nano BIM” –
componentes de design
industrial.

Com estes elementos em mão, as linhas de manufatura/montagem convertem desenhos e listas em componentes construídos *off-site*, para embalar, transportar e instalar em obra.

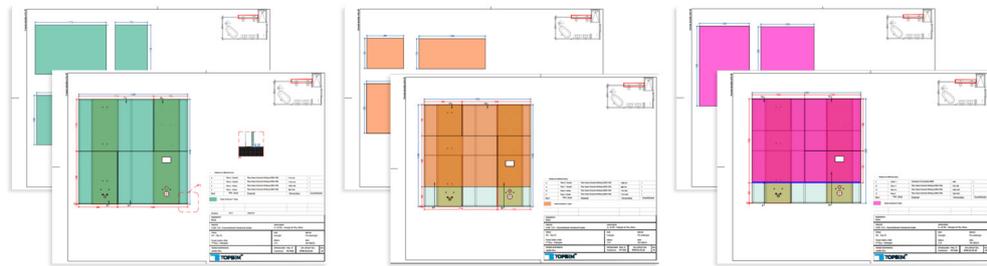


Figura 6
“Nano BIM” – instruções
de fabrico.

Este encadeamento dos processos e averiguações cada vez mais profundas garante uma filtração progressiva dos problemas vs. pré-requisitos da indústria, muito a montante do projeto chegar à pré-produção. De outra forma, a curta margem para a realizar em cima do fabrico aumentaria a probabilidade de engarrafamentos das linhas e abatimento de produtividade.

6. Caso de estudo – Bayline

De seguida, será apresentado um caso prático de implementação do processo de industrialização (Fig.1) de componentes de um projeto do tipo Adaptável (Fig.2), desde o estudo de viabilidade, adaptação técnica, DfMA (Macro, Micro, Nano BIM), transporte e execução numa obra específica, nomeadamente “*Bayline – beachfront living*” (*Vanguard Properties*).



Figura 7
“Bayline” (autor da
imagem/arquitetura:
Saraiva + Associados.

“Bayline” é um empreendimento de habitação multifamiliar localizado numa costa Algarvia (Fig.7). Dada a sua dimensão e padronização dos *layouts* dos pisos, foi sinalizado para estudo de viabilidade nas premissas do Ponto 3. Desse, decorreu o reconhecimento de um elevado número global de instalações sanitárias (560+). Procedeu-se, então, à análise de em quantos grupos (similaridade dimensões, área, peças sanitárias, banheira/duche) seria possível categorizar todas as IS bem como em quantas subcategorias (posição das peças, posição/tipo de porta, etc.).



Figura 8
Categorização das IS de um piso.

Da categorização (Fig.8), decorreram duas conclusões: o projeto teria condições para produção industrial das IS se 1) se procedesse a ajustes para a standardização de dimensões e posição dos elementos para gerar um agrupamento maior (exponenciar o fabrico em série) e se 2) fosse admissível uma alteração quanto à solução construtiva das paredes destes compartimentos, ou seja, uma conversão das alvenarias de tijolo – de projeto – em divisórias de gesso cartonado.

Assim, a viabilidade prendia-se com a validação geométrica e regulamentar da arquitetura e, como tal, foi executado um redesenho global de todo o projeto considerando as alterações pretendidas. Ainda que da parte da Arquitetura e do Dono de Obra não tenham surgido obstáculos à alternativa apresentada, surgiu um outro tema relacionado com a perda global de inércia térmica, dada a conversão do tipo de paredes, um tema que foi submetido à análise do projetista de Térmica que confirmou, contudo, após cálculo, o cumprimento regulamentar.

O passo seguinte foi a preparação dos pacotes de informação de fabrico para cada uma das categorias e subcategorias de IS, desde a arquitetura – na qual a pré-construção incidiu para criar elementos de pormenorização à escala 1:50 (plantas, alçados de cada parede e listagem global de peças sanitárias e materiais) –, passando pelo design industrial – no qual se desenvolveram pormenorizações a uma escala maior (DfMA) já com a inclusão de dobradiças, parafusos, montantes de aço galvanizado, zonas de reforço, pormenores de impermeabilização, folgas e perfis entre materiais, para finalmente chegar aos desenhos e listas para a encomenda de materiais/equipamentos para cada parede de cada IS (1000+ desenhos), tendo sido esse o formato escolhido para fabrico *off-site*, entre outros, pela facilidade de transporte.

As paredes, já com acabamentos e infraestruturas viriam então a ser transportadas desde a fábrica em Braga (BLUFAB by Grupo Casais) até ao empreendimento no Algarve, onde foi executada a sua aplicação e ligação à rede de infraestruturas de distribuição dos pisos (Fig.9).



Figura 9
Aplicação em obra das
paredes de IS
pré-fabricadas.

7. BIM e industrialização – Cadeias de informação vs. obra

Em seguida, são descritas algumas práticas e cadeias de informação introduzidas especial – mas não exclusivamente – para interação e utilização por parte da obra.

Sectorização – Este código é atribuído a cada componente e refere-se à zona de aplicação, ou seja, para onde especificamente na obra deve ser transportado e utilizado. A direção de obra cria uma matriz de sectorização, desde os edifícios às zonas de cada compartimento (Fig. 10). Ao modelar os componentes, atribuir-lhes um código-destino tem várias vantagens, como a possibilidade de criação de pacotes de materiais para armazenamento nas proximidades da zona de aplicação ou facilitar a monitorização de rácios de execução. A sectorização permite, via código QR em cada sector, associar e consultar observações, *checklists*, *RFIs*, etc., respetivos a esse sector através da plataforma de gestão digital integrada da obra utilizada pela Casais.

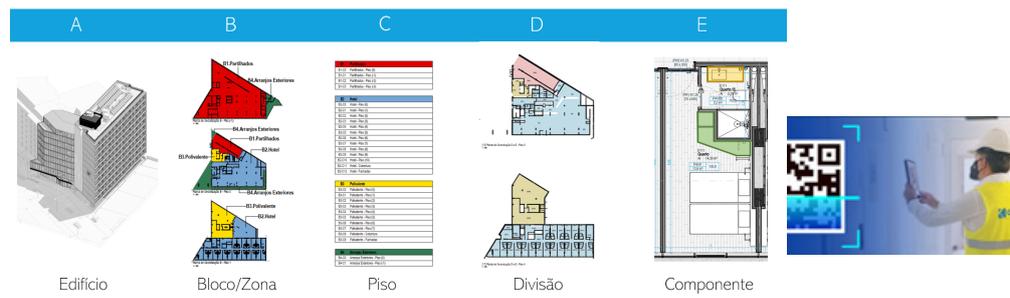


Figura 10
Sectorização de uma
obra (esq.)/QR para
monitorização do
sector (dir.).

TopFormat – Código exclusivo para classificação do produto/sistema no universo do Grupo Casais, utilizado para três fins: categorizar determinado elemento numa raiz transversal (baseada num sistema de classificação existente), complementá-lo com informação do fabricante e número de entrada e criar um repositório com desenhos técnicos, instruções de montagem, objetos BIM, fichas técnicas, certificações, etc. O código identifica o repositório de todos os elementos da construção que terá utilidade em todas as fases do seu ciclo de vida.

Levantamentos digitais para informação e monitorização – Para otimizar a integração dos modelos de informação com a operação produtiva *in-situ*, são relevantes práticas relacionadas com levantamentos digitais via nuvem de pontos, para garantir a fiabilidade do levantamento de pré-existências – a construção industrializada não é tão flexível para adaptações como a construção no local – e monitorizar o avanço dos trabalhos.

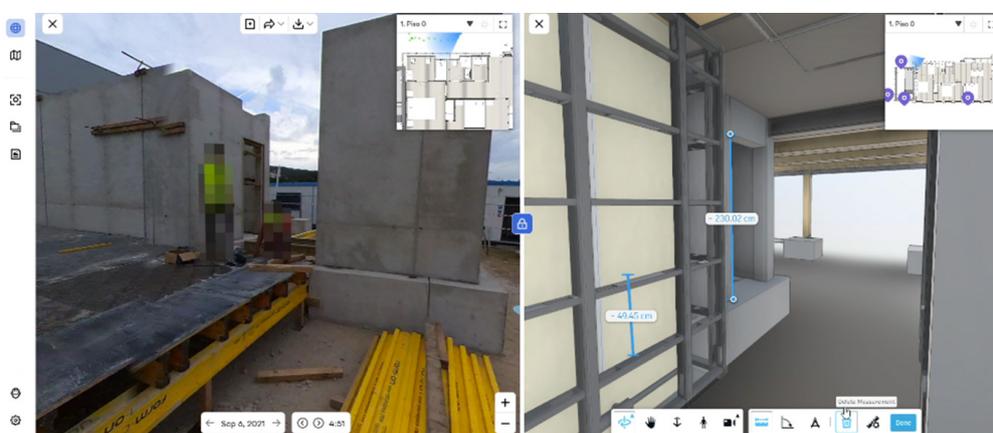


Figura 11
Obra vs. modelo de informação.

É possível também obter em obra uma previsão do estado final vs. estado atual, na qual o software identifica automaticamente (por relação com o modelo) quais dos elementos já se encontram executados ou por executar (Fig.11). Assim, por justaposição do real com o planeamento inicial, torna-se rapidamente perceptível o cumprimento ou o atraso específico de cada tarefa. Desde que os modelos de informação estejam georreferenciados, é ainda possível proceder, à marcação em obra de pontos solicitados pelo utilizador através de estações topográficas totais (Fig.12), algo que é fundamental para garantir compatibilização com elementos pré-fabricados.



Figura 12
Processo de marcação de pontos digitais em obra.

8. Conclusão

A aposta do Grupo Casais na industrialização da construção tem vindo a afirmar um enorme potencial de resolução da estagnação produtiva do sector. Catalisada pelo BIM, as possibilidades são ainda mais exponenciadas, dada a evolução das tecnologias que nos permitem não só utilizar a informação gráfica/não gráfica dos modelos, como também cada vez mais, as inserir na ação, quer em fábrica, quer em obra, de tal forma que acreditamos que se vá tornar insubstituível num futuro de mão de obra cada vez mais escassa e de imperativa alteração de paradigma no que toca à gestão de recursos e materiais [4]. Apesar de muitas incertezas, uma aposta futura no sentido de exacerbar o potencial de industrialização do sector, passará por constituir um conjunto de soluções/productos próprios – atualmente disponíveis e futuramente desenvolvidos - e a sua disponibilização pública via elementos digitais (objetos BIM) para utilização dos projetistas, fomentando progressivamente uma abordagem mais integrada, nos moldes da Fig.2 (ponto 1). Colocando as soluções modulares no mercado com um grau de parametrização que lhes confira flexibilidade, garante-se que a) o projetista não perde a capacidade de personalização/autoria dentro das hipóteses conferidas b) está a trabalhar em fase de projeto com componentes muito próximos da imagem do produto final – já que a qualidade e consistência de execução dos componentes é muito superior em produção *off-site* – e c) não tem que se preocupar com a adequação ou não do projeto para a produção industrializada. Para o fabricante desses produtos modulares, esta é uma enorme vantagem porque, já que a sua adequação para fabrico está controlada a montante da disponibilização ao público do objeto BIM, dispensa fases inteiras como estudos de viabilidade e a adaptações técnicas. Em complemento, toda a informação embutida nos objetos, mesmo que invisível aos olhos do projetista - classificação, identificação, *templates* de ordem de fabrico, etc. - a sua produção será de baixo desperdício de material (encomenda rigorosa) e de trabalho (mão de obra), alavancando o sector AEC para a produtividade de que tanto carece [5].

Referências

- [1] Green B., *Productivity In Construction: Creating A Framework For The Industry To Thrive*. Bracknell, CIOB, 2016.
- [2] Farmer M., *The Farmer Review of the UK Construction Labour Model*. Cast-Consultancy.com. <https://www.cast-consultancy.com/knowledge-hub/the-farmer-review-of-the-uk-construction-labour-model/> (acedido a 4 de Janeiro, 2022).
- [3] Sikra, S. *How Does Construction Impact the Environment*. Gocontractor.com/blog. How Does Construction Impact the Environment? | GoContractor (acedido a 4 de Janeiro, 2022).
- [4] Thompson M., *DfMA Overlay to the RIBA Plan of Work*. London, RIBA, 2021

- [5] Barbosa F., Woetzel J., Mischke J., Ribeirinho M., Srdihar M., Parsons M., Bertram N., Brown S., *Reinventing construction through a productivity revolution*. Mckinsey.com. Reinventing construction through a productivity revolution | McKinsey (acedido a 4 de Janeiro, 2022).