

TRANSIÇÃO DIGITAL NA CONSTRUÇÃO MODULAR EM MADEIRA

Pedro Santos⁽¹⁾, João Palma⁽²⁾, António Aguiar Costa⁽³⁾, Amílcar Arantes⁽⁴⁾

(1) Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, N° 1 1049-001 Lisboa, 0009-0007-4477-2124

(2) *CERIS* – Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability, Av. Rovisco Pais, N° 1 1049-001 Lisboa, 0000-0002-4837-5376

(3) *CERIS* – Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability, Av. Rovisco Pais, N° 1 1049-001 Lisboa, 0000-0002-5123-4451

(4) Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, N° 1 1049-001 Lisboa, 0000-0003-1207-5854

Resumo

A construção modular é um método construtivo que estrutura os elementos de uma infraestrutura em componentes pré-fabricados, produzidos num ambiente controlado e posteriormente transportados para o estaleiro de obra, onde são assemblados. Apesar de proporcionar maior controlo na execução dos produtos, a abordagem modular apresenta várias complexidades, como a gestão e a otimização dos processos em fábrica, a logística de transporte dos produtos e a variabilidade das peças a produzir.

A transição digital das empresas de construção modular e a implementação da metodologia Building Information Modelling (BIM) requerem, por isso, especial cuidado e uma adaptação específica a uma forma diferente de projetar e construir. O presente artigo apresenta a jornada de implementação do BIM numa empresa especializada na produção de soluções de construção modular em madeira. São identificados os principais desafios do processo construtivo industrial e os pontos críticos para a aplicação da metodologia BIM. Salientam-se como principais desafios: a baixa utilização de objetos standardizados na indústria; os desafios de interoperabilidade entre projetos externos e os produtos; e, ainda, as dificuldades na normalização de processos de fabrico digital.

De forma a alcançar alguns destes objetivos, o artigo delineia ainda o processo de elaboração de um Guia Técnico BIM e as respetivas ferramentas de apoio, que estrutura normas e diretrizes de boas práticas BIM, adaptadas ao contexto da construção modular industrial em madeira.

1. Introdução

A transição digital de empresas de construção modular representa um desafio multifacetado, que requer a consideração das diferentes áreas envolventes do setor industrial, como a otimização de múltiplos processos, a gestão de inventário, o controlo da capacidade da fábrica e a gestão das linhas de fabrico e assemblagem. Esta digitalização permite, com o apoio de ferramentas digitais, atingir aumentos de 80% a 140% da capacidade produtiva das empresas após a otimização dos seus processos construtivos [1]. Adicionalmente, a utilização das

tecnologias relacionadas com a metodologia do Building Information Modelling (BIM), a qual visa garantir que cada projeto é elaborado num ambiente digital unificado em que os modelos BIM funcionam como fonte única de verdade, potencia um aumento da sustentabilidade industrial e da produtividade dos processos construtivos modulares quando utilizada para auxiliar a tomada de decisões ao longo do ciclo de vida dos ativos [2].

No entanto, a construção modular apresenta uma das menores taxas de digitalização dentro do setor industrial, com um reduzido desenvolvimento de ativos digitais, uma baixa utilização de ferramentas computacionais e baixos investimentos em tecnologia da informação [3]. A baixa adesão a ferramentas digitais não se limita apenas às tecnologias industriais. As linhas de produção e os gabinetes de projeto carecem de equipas com formação profissional em sistemas de coordenação digital e gestão integrada de dados, o que dificulta a integração de projetos protótipos bem-sucedidos para operações estáveis num ambiente empresarial [4]. Esta utilização limitada de sistemas digitais, em conjunto com a ausência de infraestruturas digitais adequadas, condiciona a eficiência das tecnologias de BIM em projetos construtivos industriais [5].

Outro desafio da integração e sistematização de processos digitais na construção modular é a variabilidade e customização do produto final de acordo com a expectativa do cliente, resultando num modelo de negócio business-to-consumer (B2C). Estas personalizações de produtos implicam uma menor repetição produtiva, a qual causa um atraso dos tempos médios de desenvolvimento por projeto e uma falta de sincronização entre o desenvolvimento de projeto, a faturação do produto e o seu transporte. Estes fatores dificultam a obtenção de níveis de produção num padrão industrializado eficiente [6].

A implementação da metodologia BIM no setor da construção modular serve, entre outras utilidades, como ferramenta estruturante para harmonizar processos e gerir a heterogeneidade dos projetos, permitindo otimizar os fluxos de informação tanto para produtos standardizados da fábrica como para modelos customizados em contexto B2C. Um primeiro passo para a integração do BIM no contexto empresarial foi a elaboração de um Guia Técnico BIM, de forma a munir todos os intervenientes do setor com a informação necessária para contribuir para processos construtivos digitalizados suportados por modelos de informação. De seguida, foi criado um *plugin* BIM para gestão de modelos BIM munidos de informação parametrizada, de forma a incentivar o uso de objetos standardizados em B2C e assegurar a compatibilidade entre modelação e fabrico. Por último, foi desenvolvida uma *landing page* para um Guia Técnico interativo, de forma a simplificar a disseminação de informação BIM entre todos os colaboradores do setor industrial. A implementação destas três ferramentas materializa um *framework* para a introdução da metodologia BIM como potencializador da transição digital na construção modular em madeira.

2. Guia Técnico BIM

2.1. Enquadramento e objetivos do Guia Técnico BIM

Para possibilitar a transição digital na indústria da construção modular é necessário que todos os seus colaboradores, sejam estes projetistas, construtores, clientes ou fornecedores, tenham a informação e as ferramentas necessárias para apoiar o processo de fabrico e montagem construtiva. Para o efeito, foi elaborado um Guia Técnico BIM, adaptado ao caso de estudo de uma empresa de construção modular em madeira em Portugal, a Kozowood Industries, S.A.

Este documento define as diretrizes, os procedimentos e os requisitos aplicáveis à implementação da metodologia BIM em todas as fases dos projetos desenvolvidos pela empresa, utilizando o BIM como elemento de otimização do fluxo de informação entre projetos com diferentes graus de customização, independentemente dos atores responsáveis.

Pretende-se com a elaboração deste documento que o mesmo seja utilizado como referência em todos os projetos BIM em que a empresa colabore, e que a implementação das suas diretrizes promova a standardização dos seus processos. O aumento dos níveis de standardização representa uma maior eficiência no processamento dos modelos, na rastreabilidade dos materiais utilizados e ainda a conformidade com as normas internacionais de gestão de dados e de modelação digital [7].

Este documento não foi elaborado com o intuito de apresentar um carácter estático, pelo contrário, o guia deverá ser um instrumento dinâmico, sujeito a revisão periódica, de modo a acompanhar a evolução das tecnologias de modelação e as respetivas normas.

2.2. Enquadramento normativo

O Guia Técnico foi concebido com o intuito de tornar as tecnologias BIM mais acessíveis a entidades com conhecimento limitado das mesmas. Para o efeito, as suas diretrizes foram desenvolvidas baseadas em fontes de carácter normativo. As práticas de gestão de informação referentes ao ciclo de vida do ativo foram elaboradas de acordo com a série EN ISO 19650 – “Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling” [9]. Esta série define os princípios e requisitos para a organização da informação em processos BIM, a definição de papéis e responsabilidades dos intervenientes, os requisitos de informação do cliente e ainda os processos de verificação e aprovação dos modelos entregues no Common Data Environment (CDE). A estrutura do CDE proposto no Guia Técnico foi desenvolvida em conformidade com a norma, de forma a garantir que todos os atores do setor partilhem um referencial de gestão de informação internacionalmente standardizado que não é dependente da natureza do projeto.

A nível dos requisitos de informação, o guia baseia-se no conceito de Nível de Informação Necessária (LOIN), conforme definido na EN ISO 7817 - 1 – *Building information modelling — Level of information need Part 1: Concepts and principles* [10]. A norma estabelece que o conteúdo de um modelo BIM não deve ser definido apenas em termos de detalhe geométrico, mas através da combinação de componentes geométricas, alfanuméricas e documentais adequadas a cada fase construtiva BIM (coordenação, planeamento, orçamentação, fabrico, operação) e uso do modelo. A aplicação do LOIN no Guia Técnico define o nível de informação mínima que deve estar presente nos modelos, tanto para evitar a produção de modelos excessivamente pesados como também a entrega de modelos sem informação suficiente para suportar decisões críticas ao longo do ciclo de vida do ativo [7].

2.3. Organização geral e lógica interna do documento

A estrutura do Guia Técnico BIM foi definida de forma a auxiliar na compreensão do papel da metodologia BIM ao longo do ciclo de vida do ativo, desde as reuniões *kick-off* de preparação do projeto, com a definição dos respetivos usos BIM, até à fase de demolição do ativo. Desta forma, o documento foi dividido nos seguintes capítulos: **1)** Introdução; **2)** Conceitos fundamentais (BIM); **3)** Integração BIM e Usos BIM; **4)** Plano de Execução BIM (BIM Execution Plan – BEP); **5)** Estrutura de Informação BIM; **6)** Normas e requisitos de Informação.

- 1) A introdução estabelece quais os objetivos da transição digital da empresa e o papel da metodologia BIM neste processo. São estabelecidas ainda as normas que servem de diretrizes para o tratamento de informação e os respetivos procedimentos ao longo do Guia Técnico.
- 2) O segundo capítulo tem como função a criação de fundamentos teóricos para todos os colaboradores que sejam inexperientes com o conceito de BIM. A sua elaboração consiste na agregação de conceitos fundamentais para a aplicação da metodologia, como a definição de modelos de informação e os seus níveis de detalhe (Level of Information Need - LOIN); o conceito de Usos BIM e a sua aplicabilidade no setor da construção modular; e a definição de conceitos fundamentais para definição de um Plano de Execução BIM (BIM Execution Plan – BEP), como os objetivos, *targets*, e atividades;
- 3) Após a fundamentação dos conceitos essenciais para a aplicação da metodologia BIM, inicia-se a sua implementação na fase de pré-projeto. É introduzido o conceito de um gestor BIM intermediário, responsável pela gestão dos usos BIM definidos ao início do projeto, da coordenação de uma reunião de *kick-off* e também por assegurar a coordenação de equipas interdisciplinares no ecossistema de informação, ou common data environment (CDE).
Na reunião *kick-off* é também definido o plano de implementação dos usos BIM no processo construtivo industrial, conforme a Figura 1, desde a sessão de arranque até aos processos de manutenção e operação do ativo. Durante a elaboração do planeamento, devem ser identificadas todas as restrições que necessitam de ser mitigadas para alcançar os objetivos do projeto. Qualquer restrição que possa ser eliminada ou atenuada através dos usos BIM deve ser registada no BEP, juntamente com a estratégia associada. Estas restrições podem ser resolvidas utilizando processos de tomada de decisão estruturada, ou tratadas no decurso das reuniões regulares de progresso, assegurando rastreabilidade e responsabilidades dos intervenientes.

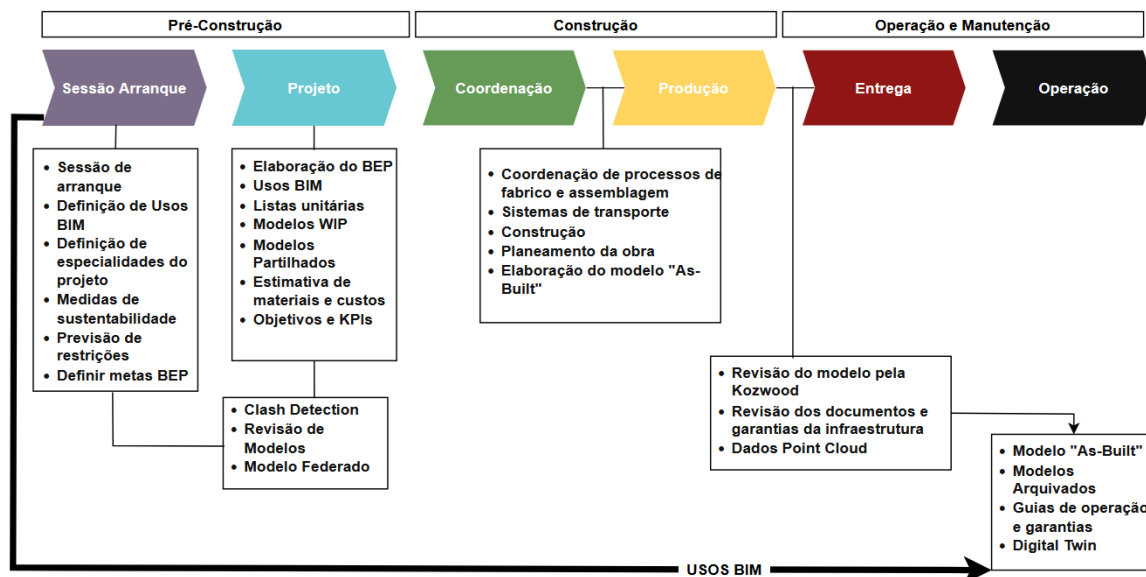


Figura 1: Planeamento de usos BIM ao longo do processo construtivo modular para a empresa de caso de estudo – Kozowood Industries, S.A.

- 4) O quarto capítulo define, de forma geral, quais as responsabilidades de cada interveniente no modelo colaborativo, constituindo outra dimensão central do guia. A empresa de construção modular desempenha o papel de entidade coordenadora BIM, responsável pela gestão do CDE,

pela criação de modelos federados e pela verificação da qualidade e compatibilidade dos entregáveis.

O dono de obra, as equipas projetistas, o construtor e os fornecedores têm de igual forma responsabilidades ao longo do ciclo de vida do ativo. As equipas de projeto assumem, de forma generalizada, a elaboração de modelos de especialidade, de acordo com os usos BIM estabelecidos e a parametrização estabelecida no documento de Requisitos para Troca de Informações (Exchange Information Requirements – EIR). O construtor tem a responsabilidade de transformar o modelo digital em modelo físico, e da elaboração do modelo *digital twin* de forma a permitir a utilização da informação parametrizada na fase de operação e manutenção do ativo; os fornecedores também têm responsabilidades em processos de fabrico BIM, sendo a sua função a disponibilização de informação paramétrica relativa aos seus produtos, permitindo a rastreabilidade dos materiais utilizados.

5) Após a definição dos usos BIM e da estruturação do BEP, é necessário desenvolver a infraestrutura digital utilizada nos processos da empresa. O ecossistema utilizado para o CDE é definido, bem como o *software* principal utilizado para a modelação de objetos. De seguida, é definida a estrutura de pastas no EIR, nomeadamente as pastas para trabalhos em curso (*WIP*), partilha (*shared*), emissão (*published*) e arquivo (*archived*). Por fim, são abordados os temas de coordenação de modelos, como os processos para a emissão de relatórios de deteção de conflitos, a gestão de certificados de sustentabilidade ambiental e os formatos de entrega de modelos (nativos, em formato aberto e documentação auxiliar).

6) O sexto capítulo apresenta, de forma geral, as normas e requisitos de informação internos definidos no documento EIR. No entanto, para cada projeto deverá ser ajustado um EIR, que tem como função estabelecer as regras relativas à elaboração de modelos de informação BIM, a sua nomenclatura e organização. São ainda definidos os requisitos relativos aos desenhos do modelo (layouts, escalas, formatação, identificação de ficheiros), a documentação necessária e os critérios para extração de listas unitárias a partir dos modelos.

São ainda definidos os critérios para verificar a qualidade dos modelos entregues, organizados em quatro dimensões: *object standard check*, que garante a correta denominação dos objetos de acordo com o estabelecido no EIR, a correta organização dos ficheiros nas pastas do CDE e a colorização dos objetos de acordo com as respetivas especialidades; *content checks*, os quais verificam o grau de completude do modelo de acordo com os LOIN definidos no Guia Técnico e no BEP e a qualidade da informação paramétrica; *workability check* analisa o estado do modelo (purgado / não purgado) e a sua respetiva otimização; *interdisciplinary model check*, que utiliza a função de *clash detection* de software BIM no modelo para a deteção de possíveis interseções entre modelos de especialidades; e por fim *object control check*, no qual são verificadas as orientações dos modelos e a sua localização georreferenciada.

Caso não sejam encontradas interferências com os checks delimitados, o modelo encontra-se pronto para exportar para o *Cadworks*, de forma a ser preparado para a fase de produção.

3. Plataforma digital para disponibilização de informação crítica por perfil

A plataforma digital desenvolvida não tem como objetivo substituir o Guia Técnico BIM ou o Ambiente Comum de Dados, mas funcionar como camada de acesso à informação BIM, organizada por perfis de utilizador, de forma a facilitar a utilização consistente da metodologia BIM por todos os atores da construção modular.

Esta disposição de informação implica que todos os intervenientes terão de percorrer o guia na sua totalidade para ter conhecimento das suas funções. Em muitos casos, as tentativas de implementação de ferramentas BIM falham não apenas por falta de capacidade tecnológica, mas sim devido à ausência de adaptação das mesmas às rotinas específicas e às competências de cada grupo de utilizadores [8] [9]. Para o bom funcionamento de cada uma das partes envolvidas no processo construtivo, a informação necessita de ser facilmente acessível e personalizada para cada um dos intervenientes.

Para o efeito, foi desenvolvida uma terceira ferramenta BIM, um Guia Técnico interativo, na forma de *landing page*, conforme a Figura 2. Cada interveniente terá acesso a uma página customizada, com as informações necessárias para exercer as suas responsabilidades no processo construtivo digital. A título de exemplo, um projetista que aceda à sua respetiva página terá acesso a uma interface personalizada, com acesso direto a documentos relevantes à sua função, como o BEP, o plugin Revit BIM e o EIR. Cada perfil disponibiliza também uma secção de perguntas frequentes (*FAQ*) de forma a esclarecer as dúvidas dos colaboradores.



Figura 2: Interface do guia técnico interativo.

Para além de facilitar o acesso à documentação, a plataforma foi concebida para apoiar a coordenação e o ciclo de feedback em torno do modelo BIM. Ao coordenar o acesso ao conteúdo do guia, aos modelos e aos documentos operacionais, aos relatórios de deteção de conflitos e às listas de não conformidades geradas na fábrica, a plataforma permite que as equipas acompanhem a evolução da coordenação com base no modelo de informação e não apenas em trocas de informação *peer-to-peer* isoladas.

4. Plugin BIM Kōzōwood

Em conjunto com o Guia Técnico BIM, foi também desenvolvido um plugin BIM para a empresa com o intuito de promover a utilização das peças standardizadas para projetos B2C. De forma a abranger o maior número de projetistas e clientes possível, o plugin foi criado como um *Add-on* para o Autodesk Revit, devido à popularidade do software enquanto ferramenta de elaboração de projetos de arquitetura. Esta integração do plugin no software de modelação, munido da parametrização de acordo com as diretrizes definidas no Guia Técnico, permite que o BIM seja efetivamente utilizado como base comum entre o projeto e o fabrico.

O plugin atua, em primeiro lugar, como repositório dos objetos standardizados da empresa, munido da correta nomenclatura de projeto, da informação paramétrica necessária ao fabrico e das dimensões standardizadas de acordo com as limitações da maquinaria. Através do plugin, os projetistas podem importar modelos de componentes estruturais em madeira, como paredes e pisos modulares, portas, janelas, revestimentos, componentes de instalações adaptados ao sistema modular, bem como objetos auxiliares e simbologia específica. A biblioteca está organizada por categorias e segue uma nomenclatura e categorização uniformizadas, de forma a garantir alinhamento com o processo de fabrico, conforme a Figura 3.

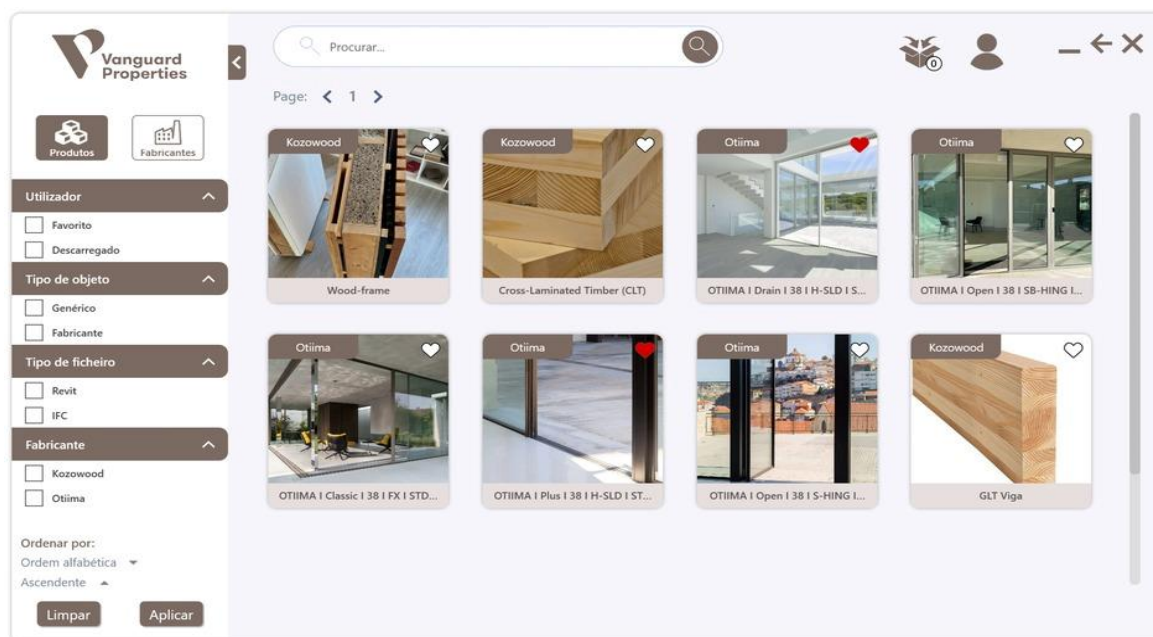


Figura 3: Interface da biblioteca de objetos do *plugin* BIM Revit.

Os elementos utilizados nos projetos BIM devem ter, sempre que possível, origem na biblioteca acedida pelo plugin; em caso de modelos customizados, os elementos devem ser parametrizados recorrendo à segunda ferramenta do plugin. Adicionalmente, o *plugin* permite suportar diferentes níveis de utilização, face ao grau da standardização dos projetos. Em projetos com elevado grau de repetição, possibilita a rápida modelação através da utilização de componentes pré-definidos, alinhados com as restrições de fabrico da empresa. Por outro lado, em contextos de elevada customização, como projetos B2C, as ferramentas de parametrização garantem que os elementos modelados, apesar de adaptados às necessidades específicas do cliente,

permanecem compatíveis com os processos de fabrico. Conforme a Figura 4, é possível atribuir às famílias de estruturas do Revit (colunas, pilares, paredes) diferentes grupos de propriedades parametrizadas e ainda escolher quais as suas dimensões, sendo estas sempre limitadas pela capacidade máxima da linha de produção. Esta medida assegura que, apesar de serem customizados, os modelos estão munidos com a informação paramétrica necessária para a sua importação para o software Cadworks, o qual dá seguimento dos elementos para a linha de produção.

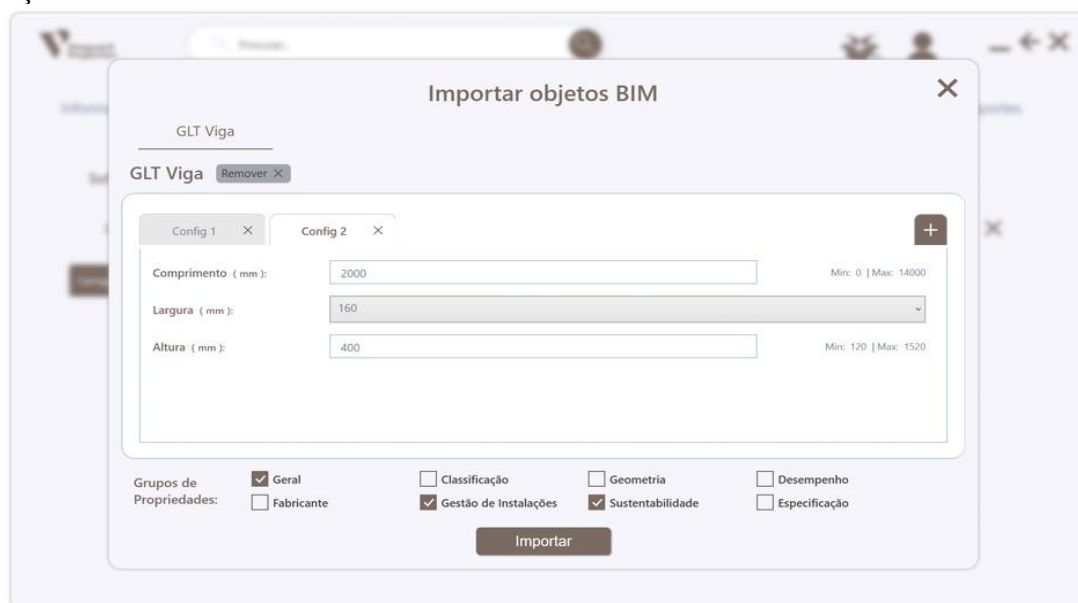


Figura 4: Importação de informação parametrizada para as diferentes famílias de estruturas Revit.

Com o apoio das suas funcionalidades o plugin BIM ajuda a controlar a variabilidade dos projetos B2C no contexto da construção industrial. A biblioteca de objetos incentiva a utilização de componentes estandardizados sempre que possível e, por sua vez, a parametrização da informação de elementos customizados garante que os mesmos encontram-se desenvolvidos de acordo com as diretrizes da empresa. Desta forma, a implementação de BIM, suportado pelo plugin, permite tratar empreendimentos diferentes com o mesmo enquadramento de informação, compatibilizando a relação entre projetos customizados e a sua produção.

5. Implementação do framework BIM

O *framework* proposto encontra-se em fase de integração para o caso de estudo de uma empresa de construção modular em madeira, com foco de auxiliar o processamento de informação entre as fases de projeto e produção. A introdução de objetos BIM estandardizados, juntamente com requisitos de informação estruturados, permitiu melhorar a consistência dos modelos desenvolvidos e reduzir a necessidade de ajustes manuais antes da fase de fabrico. Adicionalmente, a utilização do plugin BIM serviu de elemento de apoio para a uniformização dos elementos modelados, ao promover a reutilização de objetos federados e devidamente parametrizados para novos processos construtivos.

Numa primeira tentativa de aplicação do *framework*, em projeto piloto, verifica-se uma melhoria no desempenho das fases de projeto, com uma redução do tempo de preparação dos elementos para a fase de fabrico entre os 20 e 25%. Estes resultados preliminares indicam o potencial da abordagem proposta para aumentar a eficiência dos processos e reduzir erros de comunicação, ainda que uma avaliação quantitativa mais detalhada se encontre em desenvolvimento.

No entanto, a implementação do *framework* apresenta desafios significativos no setor da construção modular, nomeadamente o investimento inicial em infraestruturas digitais, a curva de aprendizagem associada à adoção de novas ferramentas, e a resistência à mudança por parte dos utilizadores. Adicionalmente, a adaptação de processos standardizados a projetos de elevada variabilidade, como projetos B2C predominantes no setor da construção, exige um equilíbrio entre flexibilidade e eficiência. Estes desafios poderão ser fatores limitantes para a transição digital de empresas com recursos reduzidos, sem capacidade de resposta aos requisitos para implementação destas tecnologias.

6. Conclusão

A transição digital na construção modular enfrenta desafios ligados à baixa maturidade digital do setor, à variabilidade dos produtos em contexto B2C e à dificuldade de integração de novas tecnologias de projeto, fabrico e montagem num só fluxo de informação. A metodologia BIM surge como a principal inovação a integrar no processo construtivo modular, ao propor que a informação seja estruturada num modelo digital único, capaz de suportar simultaneamente a coordenação de projeto, a preparação para fabrico e a gestão do ativo. A adoção do BIM permite, assim, tratar projetos heterogéneos num *framework* comum, reduzindo a fragmentação de dados e os gastos de tempo para a compatibilização de informação.

A implementação de tecnologias BIM é apoiada pelo Guia Técnico BIM, o qual estabelece as diretrizes e normas de parametrização da informação, define responsabilidades de cada interveniente através do BEP, e normaliza os processos construtivos ao longo do ciclo de vida dos ativos. Ao alinhar e standardizar estes processos, o guia reduz a variabilidade nos procedimentos, facilita a integração de novos atores na construção modular e cria condições para que os modelos BIM sejam operacionais não apenas em fase de projeto, mas também na produção, montagem e operação.

A *landing page* do guia técnico BIM interativo disponibiliza a informação essencial a cada interveniente através de perfis de utilizador. Ao gerir o acesso ao guia, ao BEP, ao plugin BIM e aos restantes documentos mediante o perfil de cada utilizador, a plataforma diminui a barreira de entrada para colaboradores com experiência limitada em novas tecnologias, otimiza os canais de disseminação de informação relevante e contribui para uma melhor compreensão das responsabilidades BIM dos intervenientes. Adicionalmente, os dados dos utilizadores da plataforma possibilitam ciclos de melhoria contínua, permitindo identificar lacunas de formação e as secções do guia que carecem de clarificação.

O plugin BIM Kōzōwood serve de incentivo ao uso de objetos standardizados ao disponibilizar a importação dos modelos da empresa diretamente para o ficheiro de projeto. A biblioteca de objetos BIM, juntamente com os mecanismos de importação de informação parametrizada, permitem atenuar as customizações exigidas pelo modelo B2C. Esta abordagem traduz-se ainda

numa redução dos erros de projeto, do tempo gasto em customização de objetos e dos custos de fabrico.

A combinação destas três ferramentas permite uma boa integração da metodologia BIM dentro do setor de construção industrial, munido de um CDE que permite a horizontalidade da distribuição de informação dos processos. Ao invés de tratar a digitalização como mera aquisição de software, a abordagem descrita integra normas, processos, objetos digitais e canais de comunicação orientados a perfis, respondendo de forma direta a problemas reconhecidos na literatura, como a fragmentação de dados, a falta de repetição produtiva e os gargalos de engenharia em contextos B2C. Esta metodologia poderá ser adaptada a outras empresas de construção modular, constituindo um passo integral na potencialização das tecnologias BIM e a sua transformação em melhorias concretas para o planeamento de processos, a produtividade industrial e qualidade de produtos.

Referências

- [1] Silvia Wilk Stival, Tiago Santos Almeida, Mariana de Oliveira Santos, e M. N. Fonseca, “Otimização da capacidade produtiva em construção modular: abordagem de modelagem e simulação computacional,” *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 2024.
- [2] Kaio Pimentel Rego de Oliveira, Nicolas Watanabe Tsu Wan Kwok, E. Muianga, e A. Granja, “Estratégias de produção para plataformas de produto na construção integrada modular,” *Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*, 2025.
- [3] Cayami Schultz Chiovitti Cavalcante, “Indústria 4.0 na pré-fabricação: modelo de maturidade e quadro atual de desenvolvimento tecnológico de fabricantes da construção industrializada.”, 2023.
- [4] Gustavo Silva de Carvalho Serra, F. Cardoso, e L. Cardoso, “Cadeia produtiva da construção modular e seus processos logísticos,” *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2024.
- [5] Danielle Stéphanhy Pereira de Alcântara, Nathalia Rangel Dantas, Caio Fontes Cruz, e Reymard Sávio Sampaio de Melo, “Desafio Protótipo,” *Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM*, 2022.
- [6] Bruna Liliane Brenner e D. Viana, “Desafios envolvidos na construção offsite de casas,” *Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*, 2025.
- [7] Marco Antônio Rodrigues Gonçalves e F. Corrêa, “Inovação no fluxo tradicional de produção de elementos pré-fabricados em Light Steel Framing com BIM,” *II Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção*, 2019.
- [8] Liza Bruna Reis Monteiro e J. C. Paliari, “Os desafios da industrialização da construção civil no contexto brasileiro,” *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2024.
- [9] ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling.
- [10] ISO 7817-1: Building Information Modelling – Information requirements and level of information need.