

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA EM BIM PARA UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

Juliana Cotarelle⁽¹⁾, Thaís R. L. Soares⁽²⁾, Miguel Azenha⁽³⁾

(1) Kronan – Inteligência Industrial Aplicada à Construção, Itupeva, Brasil.

(2) Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, 0000-0001-9682-6883

(3) Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, 0000-0003-1374-9427

Resumo

A adoção do Building Information Modelling (BIM) pelas pequenas e médias empresas (PME) permanece limitada, em grande medida, devido à ausência de fluxos de informação e de processos de trabalho devidamente estruturados, essenciais a uma metodologia assente na colaboração. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e aplicar um mapa de processos baseado em BIM, alinhado com os princípios da norma ISO 19650, enquanto instrumento de organização dos fluxos de trabalho ao longo do ciclo de vida do projeto. Como estudo de caso, foi considerado o departamento de projetos de uma empresa de estruturas pré-fabricadas que opera no mercado brasileiro da construção civil. Com base no mapeamento e no redesenho dos processos em vigor no estudo de caso, a metodologia foi validada através da aplicação a um projeto piloto real. Os resultados evidenciam que a adoção do mapa de processos proposto contribuiu significativamente para a melhoria da consistência e da qualidade da informação, para a redução de retrabalho e para o reforço da coordenação interdisciplinar, bem como para a criação de condições favoráveis ao fortalecimento da implementação do BIM na organização. Em síntese, a principal contribuição deste trabalho reside na proposição de um modelo de mapeamento de processos replicável no contexto da construção pré-fabricada, oferecendo às PME uma abordagem prática e estruturada para o aumento da maturidade BIM, alinhada com a ISO 19650.

1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tem sido profundamente transformada pelas tecnologias digitais, que alteraram os fluxos de trabalho desde a fase de conceção do projeto até à construção, manutenção e operação dos edifícios. Entre estas tecnologias, o Building Information Modelling (BIM) consolidou-se como uma inovação central, capaz de redefinir práticas de colaboração e de melhorar o desempenho na entrega de projetos. O BIM constitui uma metodologia multidisciplinar que integra dimensões

geométricas, informacionais e de gestão ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento [1].

Paralelamente à evolução digital, os sistemas construtivos pré-fabricados têm ganhado relevância como resposta aos desafios atuais enfrentados pelo setor, nomeadamente ao nível da produtividade, previsibilidade de custos, segurança e redução do desperdício de materiais. A produção de componentes em ambientes controlados, seguida da sua montagem em obra, permite reduzir prazos de execução, melhorar o controle de qualidade e minimizar desperdícios. Contudo, o sucesso da pré-fabricação depende de uma integração eficaz entre processos de trabalho, compatibilização de especialidades e fabrico das estruturas [2].

A complexidade da integração entre o BIM e a pré-fabricação torna-se ainda mais crítica no contexto das pequenas e médias empresas (PME), uma vez que este tipo de organização tende a enfrentar obstáculos como limitações orçamentais, escassez de profissionais especializados e resistência organizacional à mudança [3]. Consequentemente, muitas PME continuam a recorrer a fluxos de trabalho convencionais e fragmentados.

O presente trabalho procurou suprir esta dificuldade através do desenvolvimento de um framework baseado em BIM para uma PME brasileira do setor da construção pré-fabricada, alinhado com a norma ISO 19650 [4] e validado através de um projeto piloto. Os mapas de processos foram utilizados tanto para o diagnóstico do estado inicial da empresa como para a definição e reformulação dos fluxos de trabalho propostos, constituindo o principal instrumento de análise e intervenção.

Com base no mapa de processos desenvolvido, foram estruturados os fluxos de informação e definidos os principais artefactos de implementação, nomeadamente o Plano de Execução BIM (BEP) e os Requisitos de Troca de Informação (EIR), que formalizam responsabilidades, protocolos de colaboração e níveis de informação exigidos. De forma complementar, foi desenvolvido um objeto paramétrico protótipo de parede, com o objetivo de apoiar a estimativa de custos em contexto de construção pré-fabricada. A validação do modelo BIM incluiu a definição do processo de deteção de conflitos e dos Níveis de Necessidade de Informação, culminando na verificação do modelo através do Information Delivery Specification (IDS).

O presente artigo centra-se especificamente nos mapas de processos desenvolvidos enquanto instrumento-chave para o aumento da maturidade BIM da empresa e para a organização dos fluxos de trabalho do departamento de projetos do estudo de caso, visando constituir um exemplo de boas práticas na aplicação dos princípios da ISO 19650.

2. BIM para construção pré-fabricada

2.1 O papel do BIM na pré-fabricação de pequenas e médias empresas

As pequenas e médias empresas (PME) representam a maioria do tecido empresarial no setor da construção, correspondendo a cerca de 95% das empresas na Europa [5] e a 93,7% no Brasil [6]. Dada a sua expressiva representatividade e o seu papel enquanto principais agentes do setor, as práticas operacionais adotadas por estas empresas assumem um papel determinante no desempenho global da indústria.

Neste contexto, o BIM destaca-se como um contributo relevante para as PME de pré-fabricação, ao possibilitar o desenvolvimento de modelos digitais detalhados e promover uma coordenação mais precisa dos processos, mesmo em estruturas organizacionais com equipas reduzidas [1]. Contudo, a adoção do BIM por estas empresas permanece desigual. Barreiras como os elevados

custos iniciais de implementação, a resistência organizacional à mudança e as dificuldades de interoperabilidade entre modelos configuram desafios significativos, comprometendo a competitividade empresarial em termos de tempo e custo.

Com o objetivo de mitigar essas limitações, têm sido promovidas políticas públicas em diferentes níveis (global, continental e nacional), bem como programas de formação e a adoção de normas abertas, visando apoiar e incentivar a integração do BIM neste segmento empresarial [7].

2.2 Desafios na arquitetura e na pré-fabricação

A integração da construção pré-fabricada no projeto arquitetónico apresenta simultaneamente oportunidades e desafios. Embora contribua para ganhos de eficiência, qualidade e sustentabilidade, exige adaptações aos fluxos de trabalho tradicionais, promovendo maior modularidade, repetibilidade e coordenação técnica (Adeyemi et al., 2024; Zhang, 2024). A ausência de integração precoce dos requisitos estruturais e de fabrico no projeto conceptual gera frequentemente desalinhamentos, o que desencadeia alterações posteriores, aumento de custos e ineficiência do sistema [8].

Ao nível da modelação, os sistemas pré-fabricados exigem elevado grau de detalhe, incluindo tolerâncias, ligações e aspetos logísticos, o que aumenta a complexidade do modelo BIM e o volume de informação a gerir (Schreyer, 2018). O sucesso da pré-fabricação depende, assim, de processos normalizados, gestão eficiente da informação e coordenação intensiva antes da fase de montagem, sendo que alterações tardias podem comprometer significativamente prazos e desempenho [9].

2.3 Relações contratuais na construção pré-fabricada

Tradicionalmente, os contratos de construção seguem o modelo conceção-licitação-construção, o qual separa claramente as responsabilidades de projeto e construção. No entanto, este formato mostra-se inadequado para a pré-fabricação, onde projeto, fabrico, logística e montagem são interdependentes, podendo resultar em falhas de coordenação e aumento de conflitos devido ao envolvimento tardio de empreiteiros e fabricantes [10].

Para superar estas limitações, têm sido adotados contratos colaborativos, como Entrega Integrada de Projetos, Conceção-Construção e Envolvimento Precoce do Empreiteiro, promovendo colaboração multidisciplinar desde as fases iniciais e alinhando projeto, fabrico e logística [11]. O BIM atua como facilitador nestes modelos, clarificando funções, responsabilidades e entregas partilhadas, embora também introduza desafios relativos à propriedade dos dados e responsabilidade por erros, abordados por normas como a ISO 19650 através de ferramentas como EIR e BEP [4].

2.4 Gestão de Processos: um elemento fundamental para a implementação do BIM

Num ambiente BIM estruturado, a gestão de processos constitui um elemento fundamental para garantir a organização e a eficiência dos fluxos de trabalho. Entre as metodologias mais utilizadas para o mapeamento de processos destaca-se a Notação de Modelagem de Processos de Negócio (BPMN), um padrão gráfico internacionalmente reconhecido, concebido para facilitar a comunicação entre stakeholders e especialistas técnicos (EBSCO, 2024). O BPMN oferece uma linguagem visual padronizada que evidencia as interdependências existentes nos processos organizacionais.

3. Estudo de caso

O presente estudo centra-se numa empresa real que opera no setor da construção de edifícios pré-fabricados no Brasil. O principal objetivo consiste na análise dos processos desenvolvidos no departamento de projetos, com especial enfoque na compreensão da sua estrutura, funcionamento e fundamentos operacionais. Esta análise constitui a base para a proposta de implementação de uma metodologia BIM alinhada com as diretrizes da ISO 19650, com vista à melhoria dos fluxos de trabalho e à adoção de boas práticas de gestão da informação.

A metodologia de investigação estrutura-se em etapas sequenciais e bem definidas, orientadas para o redesenho do principal mapa de processos do departamento de projetos. As fases do estudo são as seguintes:

1. **Análise do perfil da companhia:** identificação das práticas atuais e dos fluxos de trabalho existentes no departamento de projetos;
2. **Mapeamento do processo atual:** seleção e representação do processo mais recorrente e relevante do departamento, para efeitos de análise detalhada.
3. **Definição de um projeto piloto:** escolha de um projeto construtivo para aplicação e validação do novo mapa de processos;
4. **Redesenho do mapa de processos com base na ISO 19650 e na metodologia BIM:** reestruturação do processo segundo os princípios da norma, alinhando-o com os marcos do ciclo de vida do projeto. As etapas foram organizadas de acordo com a estrutura normativa: Avaliação e Necessidade, Nomeação, Mobilização, Produção Colaborativa de Informação, Entrega do Modelo de Informação e Encerramento do Projeto.

3.1 Perfil de companhia

Fundada em 2013, a KRONAN atua no mercado brasileiro da construção civil na produção de painéis de betão pré-fabricado como componente estrutural e/ou de fechamento. Inspirada em metodologias construtivas finlandesas, a empresa integra eficiência produtiva, controlo de qualidade e design arquitetónico contemporâneo nas suas soluções.

A organização já adota a metodologia BIM na elaboração de projetos executivos e na orçamentação para a fabricação das estruturas. Atualmente, dispõe de uma unidade fabril localizada em Itupeva, no estado de São Paulo. Através do modelo de construção fora do local (Off-Site Construction), a empresa afirma conseguir reduzir significativamente os prazos de execução, alcançando tempos de entrega até três vezes inferiores aos dos métodos convencionais, mantendo elevados padrões de precisão e qualidade. A sua atuação assenta na melhoria contínua, na investigação aplicada e na inovação tecnológica, sustentadas por um compromisso consistente com clientes e parceiros.

3.2 Mapeamento do processo AS/IS

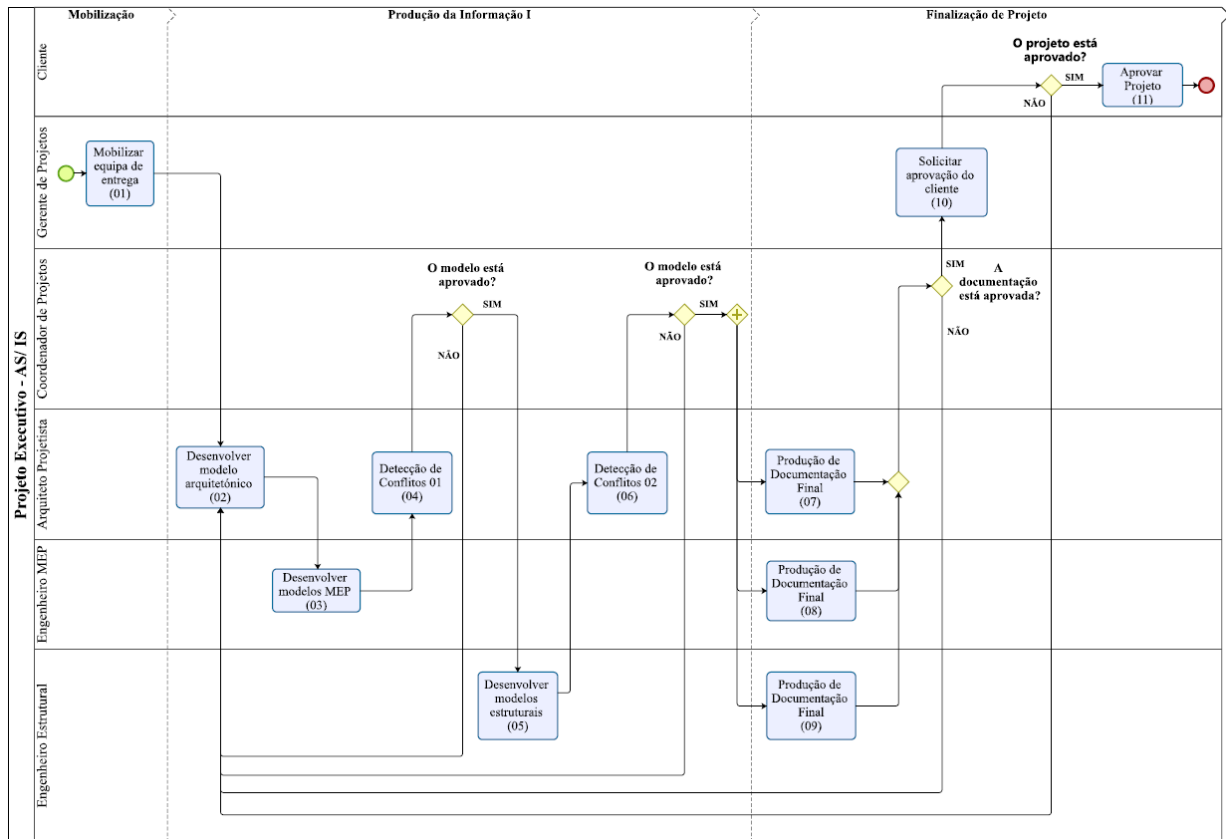


Figura 1: Mapeamento de processo AS/ IS: Projeto Executivo.

Para o desenvolvimento de projetos executivos de painéis em betão pré-fabricado, o departamento de projetos integra arquitectos, responsáveis pela adaptação da linguagem arquitectónica ao sistema construtivo; engenheiros estruturais, responsáveis pelos projetos de fundações e de painéis; e engenheiros MEP, responsáveis pelas especialidades complementares. Neste enquadramento, as actividades que dão início ao processo AS-IS – Projeto Executivo (Figura 1) são as seguintes:

- (01) **Mobilizar equipa de entrega:** o gerente do departamento nomeia os profissionais que devem participar do projeto.
- (02) **Desenvolver modelo arquitetónico:** o arquiteto é acionado para modelar em plataforma BIM o projeto arquitetónico. Após finalização, o profissional deve enviar o arquivo para o engenheiro MEP em formato IFC (*Industry Foundation Classes*).
- (03) **Desenvolver modelos MEP:** o engenheiro MEP é acionado para modelar as disciplinas complementares. Após finalização, os modelos MEP são enviados para o arquiteto em IFC.
- (04) **Detecção de Conflitos 01:** o arquiteto então realiza a primeira detecção de colisão entre disciplinas. O resultado é validado com o coordenador de projetos.
- (05) **Desenvolver modelos estruturais:** após validação, o modelo compatibilizado segue para a elaboração dos projetos de fundação e de estruturas dos painéis.
- (06) **Detecção de Conflitos 02:** o arquiteto então realiza a segunda detecção de colisão entre disciplinas. O resultado é compartilhado com o coordenador de projetos para validação.

(07), (08) e (09) Produção de Documentação Final: após validação, cada projetista é responsável por elaborar a documentação final para a entrega do projeto por disciplina.

(10) Solicitar aprovação do cliente: os arquivos são compartilhados com o cliente pelo gerente de projetos para submetê-los para aprovação.

(11) Aprovar Projeto: cabe ao cliente analisar a documentação e responder se está aprovada ou se há a necessidade de revisá-la.

A análise do processo atual evidencia ineficiências que comprometem a gestão da informação e a fluidez operacional. O retorno recorrente à Atividade (02) constitui um estrangulamento processual, revelando a ausência de pontos formais de validação. A falta de envolvimento do cliente na compatibilização e a inexistência de protocolos, requisitos de entrega e mecanismos de verificação contrariam os princípios colaborativos do BIM e as orientações da ISO 19650. Acresce a sequência inadequada de desenvolvimento dos projetos, com o MEP elaborado antes das fundações e estruturas, o que origina retrabalho e inconsistências no modelo.

4. Redesenho: mapeamento do processo TO/BE baseado em BIM

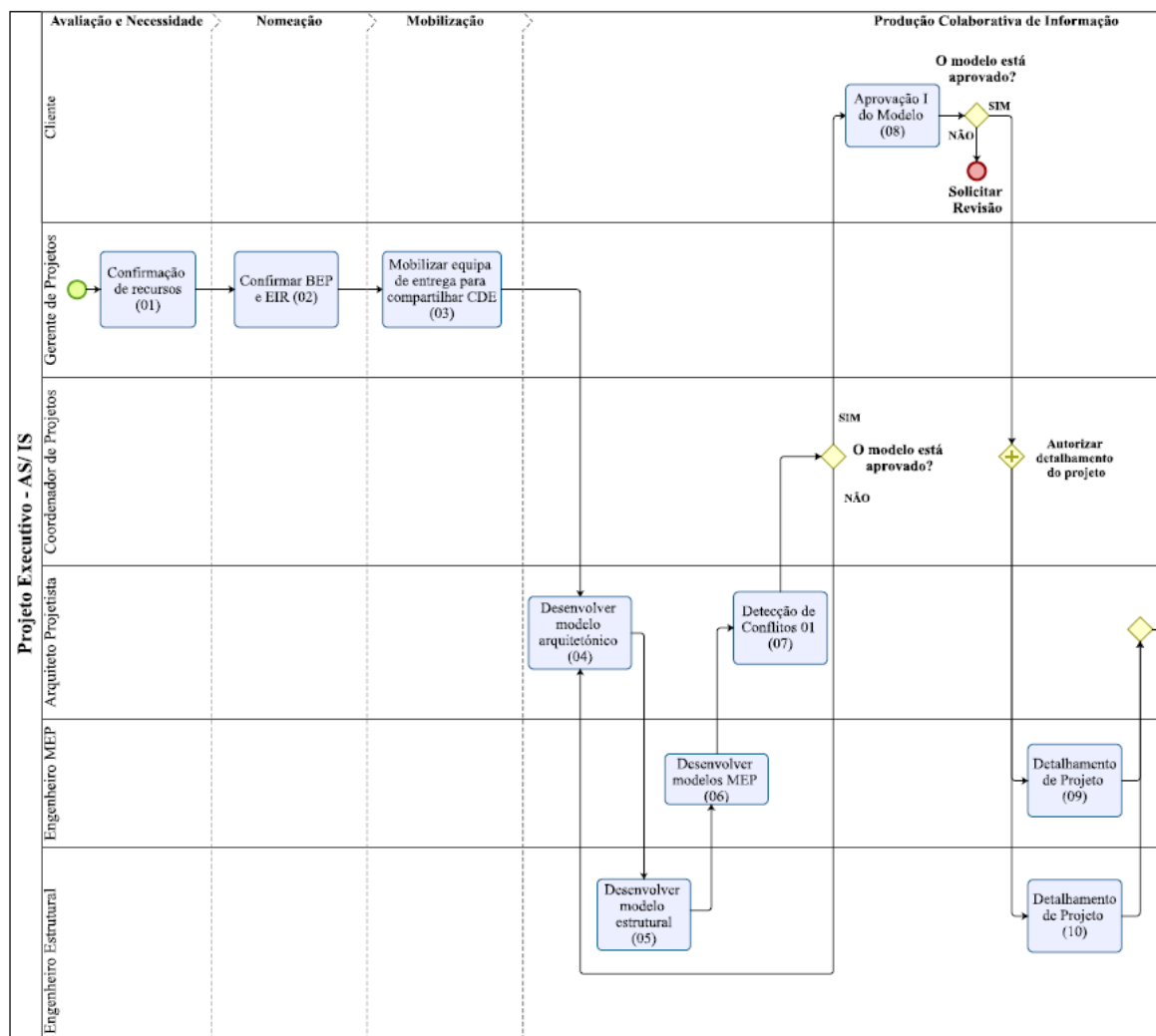


Figura 2: Mapeamento de processo TO/ BE: Projeto Executivo Parte I.

Para o mapa de processo TO/ BE buscou-se adotar uma a sequência lógica de atividades a fim de se evitar retrabalhos, adotar protocolos, requisitos mínimos de informação entre outros artifícios introduzidos pela ISO 19650 conforme as seguintes atividades (Figuras 2 e 3):

(01) Confirmação de recursos: o gerente confirma a disponibilidade de recursos humanos, financeiros e ferramentais para a viabilidade do projeto (19650-2 cláusula 5.1).

(02) Confirmar BEP e EIR: definição de protocolos colaborativos, Nível de Necessidade de Informação, Especificação de Entrega de Informações (IDS) através do Plano de Execução BIM (BEP) e Requisitos de Troca de Informação (EIR) (19650-2 cláusula 5.3).

(03) Mobilizar equipa de entrega para compartilhar CDE: estabelecer o Ambiente Comum de Dados (CDE) a ser utilizado pela equipe e a estruturação das pastas (19650-2 cláusula 5.4).

(04) Desenvolver modelo arquitetónico: modelagem em BIM do projeto arquitetónico.

(05) Desenvolver modelo estrutural: modelagem em BIM do projeto estrutural (fundação e painéis) a partir do projeto arquitetónico compartilhado em formato IFC.

(06) Desenvolver modelos MEP: modelagem em BIM do projeto MEP a partir do modelos arquitetónico e estrutural compartilhado em formato IFC.

(07) Detecção de Conflitos 01: verificação do modelo federado pelo arquiteto. O resultado é validado com o coordenador de projetos (19650-2 cláusula 5.5).

(08) Aprovação I do Modelo: primeira aprovação do projeto junto ao cliente.

(09) e (10) Detalhamento de Projeto: após primeiro aceite do cliente, os modelos por disciplina seguem para detalhamento da solução.

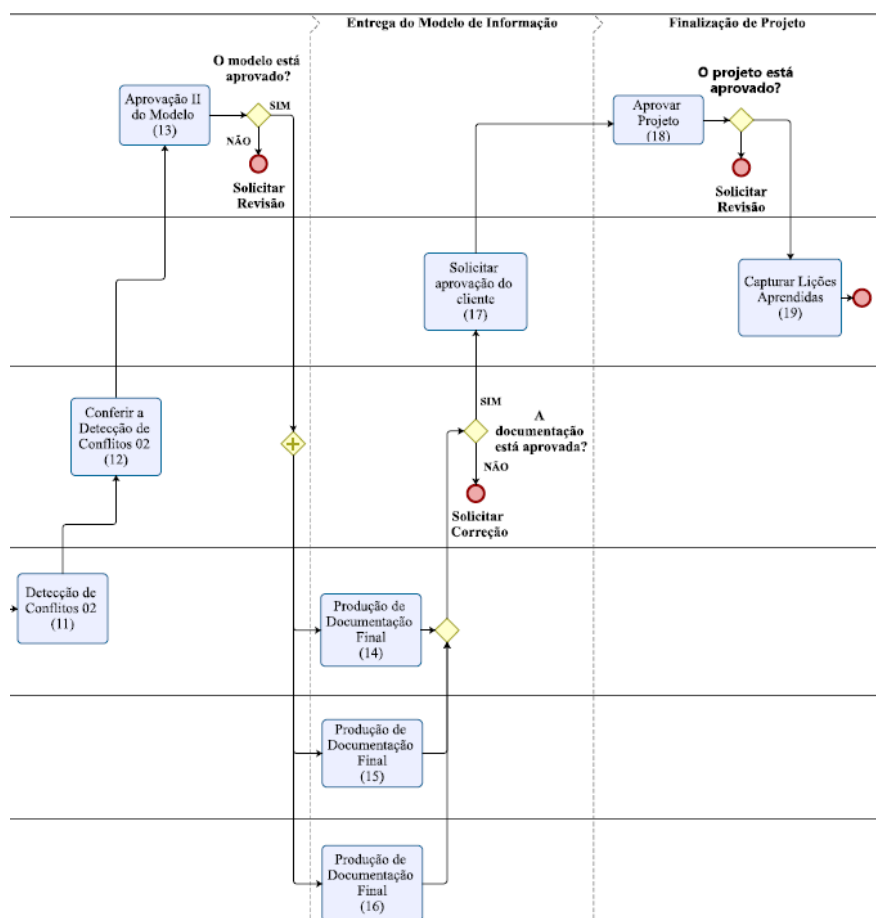


Figura 3: Mapeamento de processo TO/ BE: Projeto Executivo Parte II.

(11) e (12) Detecção e conferência de detecção de Conflitos 02: verificação do modelo federado pelo arquiteto. O resultado é validado com o coordenador de projetos (19650-2 cláusula 5.5).

(13) Aprovação II do Modelo: segunda aprovação do projeto junto ao cliente.

(14), (15) e (16) Produção de Documentação Final: após validação, cada projetista é responsável por elaborar a documentação final para a entrega do projeto por disciplina.

(17) Solicitar aprovação do cliente: gerente agenda apresentação do projeto junto ao cliente.

(18) Aprovar Projeto e (19) Capturar Lições Aprendidas: avaliação final do cliente e captação das lições aprendidas pela equipa para futuros projetos (19650-2 cláusula 5.6).

5. Discussão e Conclusão

O mapa de processo desenvolvido neste estudo teve como objetivo apoiar pequenas e médias empresas do setor da construção pré-fabricada na reestruturação dos seus fluxos de trabalho, promovendo uma abordagem sistematizada de gestão da informação em conformidade com a ISO 19650. As principais adaptações ao fluxo de trabalho da empresa consistiram na simplificação e na exclusão de etapas previstas na norma que não se adequavam à sua realidade operacional, sobretudo no que se refere à participação em processos licitatórios. Adicionalmente, as etapas foram ajustadas à dimensão reduzida da equipa, por meio da simplificação das tarefas e da reorganização dos mapas de processo.

A proposta metodológica surgiu a partir da identificação de fragilidades na comunicação entre partes interessadas no projeto e da inexistência de protocolos formais, fatores que comprometem a rastreabilidade, a consistência dos entregáveis e a eficiência operacional.

A comparação entre os modelos AS-IS e TO-BE evidenciou que a principal lacuna residia na ausência de uma estrutura formal de gestão da informação. O redesenho dos processos, baseado na definição de requisitos, na formalização do BEP, na implementação de um CDE e na reorganização da sequência disciplinar, permitiu reduzir retrabalho, clarificar responsabilidades e aumentar a previsibilidade das atividades. Por fim, a validação por meio de um projeto piloto demonstrou a viabilidade prática da metodologia proposta, bem como o seu potencial contributo para o aumento da maturidade BIM e da competitividade organizacional.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo PRR (Plano de Recuperação e Resiliência) e pelos Fundos Europeus Next Generation EU, ao abrigo do sistema de incentivos «Agendas para a Inovação Empresarial», no âmbito do projeto “R2U Technologies|modular systems”, com a referência C644876810-00000019. Este trabalho foi também apoiado pela FCT/MCTES no âmbito da Unidade de I&D Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia (ISISE), com as referências UID/4029/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/04029/2025>) e UID/PRR/04029/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/PRR/04029/2025>), e no âmbito do Laboratório Associado Produção Avançada e Sistemas Inteligentes ARISE com a referência LA/P/0112/2020.

Referências

- [1] Sacks, R., Eastman, C.M., Lee, G. and Teicholz, P. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. Hoboken, N.J.: Wiley, 2018.
- [2] Smith, R.E. Prefab architecture: A guide to modular design and construction. Hoboken, N.J.: Wiley, 2010.
- [3] Yoo, M., J. Kim, and C. Choi, “Effects of BIM-based construction of prefabricated steel framework from the perspective of SMEs,” *Applied Sciences*, vol. 9, no. 9, p. 1732, 2019. doi: 10.3390/app9091732.
- [4] ISO 19650-2: Organization of information about construction works – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets,” International Organization for Standardization (ISO), 2018.
- [5] European Commission, “Annual report on European SMEs 2023,” European Commission, 2023.
- [6] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), “SME and entrepreneurship policy in Brazil 2020,” OECD, 2020.
- [7] R. Lyu, J. Pitt, and M. Pitt, “Implementation challenges of Building Information Modelling (BIM) in Small to Medium-Sized Enterprises (SMEs) participating in public projects in Qatar,” *Computer and Decision Making – An International Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 252–279, 2024. doi: 10.59543/comdem.v1i.11035.
- [8] J. Eloranta, “Changing traditional construction with modular design platforms,” Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Escola de Ciências de Engenharia, Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, Lappeenranta, Finlândia, 2021.
- [9] Y. Wang, Z. Yuan, and C. Sun, “Research on assembly sequence planning and optimization of precast concrete buildings,” *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 24, no. 2, pp. 106–115, 2018. doi: 10.3846/jcem.2018.458.
- [10] W. Lu, K. Chen, F. Xue, and W. Pan, “Searching for an optimal level of prefabrication in construction: An analytical framework,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 201, pp. 236–245, 2018. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.015.
- [11] M. El Asmar, A. S. Hanna, and W. Y. Loh, “Quantifying performance for the Integrated Project Delivery system as compared to established delivery systems,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 139, no. 11, 04013012, 2013. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000744.