PLANEJAMENTO DO USO DE MODELOS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO: uma análise do guia do CII

PLANNING THE USE OF DIGITAL MODELS IN CONSTRUCTION: *an analysis of the CII guide*

Fabio Rodrigues da Costa*

RESUMO

Este artigo analisa o guia *Using Models in Construction: A Planning Guide*, publicado em 2016 pelo Construction Industry Institute (CII), e discute o planejamento do uso de modelos digitais na fase de obra. O guia atribui as ineficiências no uso da informação não à falta de dados, mas à falta de um processo para aproveitar o conteúdo já disponível, e propõe um procedimento em quatro etapas (metas de modelagem; usos e métodos; processo de modelagem; infraestrutura) que resulta em um plano escrito, de preferência elaborado no início do projeto. A análise documental examina a coerência entre as etapas; as relações entre progressões, usos e métodos; a correspondência entre matriz de seleção, exemplos e apêndices; a definição das trocas de informação e das responsabilidades; e a natureza das evidências apresentadas para os benefícios. Os resultados indicam que a seleção dos usos pode atravessar progressões e exige método, escopo e dependências definidos; que o plano só se torna verificável quando se converte em compromissos de informação, com entregas, responsáveis e regras de atualização e de confiança; e que o documento reconhece a dificuldade de quantificar o retorno do investimento e apresenta benefícios esperados e relatos qualitativos de melhoria, sem explicitar dados, métricas e procedimentos para verificar sua magnitude. O estudo não inclui aplicação do procedimento a um empreendimento. Como síntese interpretativa, propõe-se ler o plano de modelagem como um acordo de informação entre projeto, obra e operação, que precisa ser revisto e ter seus resultados medidos ao longo do empreendimento.

Palavras-chave: modelos digitais; BIM; usos do modelo; plano de modelagem; planejamento de obras.

* Consultor sênior, professor universitário e palestrante, com mais de 26 anos de experiência na construção civil e especialização em gestão de projetos, planejamento de obras e aplicação de BIM. MBA em Gestão de Projetos (FGV); pós-graduação em Gerenciamento de Obras (Uninove), em Metodologia BIM (IBEC) e em Gestão de Projetos na Construção (USP); pós-graduando em Inteligência Artificial e Negócios (PUC-PR). Participou de projetos industriais que somam mais de 1 milhão de m² de área construída, integrando equipes de obras vencedoras do prêmio internacional Golden Trowel em 2015 e 2018. E-mail: fabiocosta81@gmail.com.

ABSTRACT

This article analyzes *Using Models in Construction: A Planning Guide*, published in 2016 by the Construction Industry Institute (CII), and discusses planning the use of digital models during construction. The guide attributes inefficiencies in the use of information not to a lack of data but to the lack of a process to leverage the content already available, and proposes a four-step procedure (modeling goals; model uses and methods; modeling process; and infrastructure) that results in a written plan, ideally prepared at the beginning of design. The documentary analysis examines the consistency between the steps; the relationships among model progressions, model uses and methods; the correspondence among the selection matrix, the examples and the appendices; the definition of information exchanges and responsibilities; and the nature of the evidence presented for the benefits. The findings indicate that the selection of uses may cut across progressions and requires defined methods, scopes and dependencies; that the plan becomes verifiable only when it is translated into information commitments, with deliverables, responsible parties and rules for updating and reliance; and that the document acknowledges the difficulty of quantifying return on investment and presents expected benefits and qualitative reports of improvement, without specifying the data, metrics and procedures needed to verify their magnitude. The study does not include an application of the procedure to a project. As an interpretive synthesis, the article proposes reading the modeling plan as an information agreement among design, construction and operations, to be reviewed, and its results measured, throughout the project.

Keywords: digital models; BIM; model uses; modeling plan; construction planning.

1 INTRODUÇÃO

O ponto de partida do guia do Construction Industry Institute (CII) é um diagnóstico sobre a informação, e não sobre a tecnologia: as equipes do empreendimento perdem muito tempo procurando dados de projeto e de meios e métodos de execução que, em boa parte, já existem em modelagens anteriores ou são produzidos continuamente, porque falta um processo para aproveitá-los e visualizá-los (CII, 2016, p. 1).

> *Quanto do tempo da equipe de obra é gasto procurando uma informação que já existe em algum modelo, planilha ou documento do projeto?*

Esse diagnóstico desloca a discussão da ferramenta para o planejamento. Um modelo desenvolvido durante o projeto pode ser valioso para quem planeja e executa a obra, mas esse valor não aparece por si só: depende de quem vai usar a informação, para qual decisão, em que momento e com que grau de confiança. O próprio guia admite que esse valor é difícil de quantificar como retorno do investimento, ainda que o considere potencialmente significativo (CII, 2016, p. 1). Essa ressalva orienta a leitura que se segue: o documento oferece um procedimento de planejamento, e não uma demonstração de resultados.

Este artigo examina o guia *Using Models in Construction: A Planning Guide*, publicado em novembro de 2016 pelo CII, sediado na University of Texas at Austin, como recurso de implementação do Research Team 324, cujos pesquisadores responsáveis eram da Pennsylvania State University (CII, 2016). O guia usa os termos modelos e modelagem e reserva a sigla BIM aos nomes de documentos e ferramentas que cita; neste artigo, modelos digitais são entendidos nesse sentido amplo, que abrange a modelagem da informação da construção (BIM).

Trata-se de uma análise documental, que se concentra em cinco aspectos: a coerência entre as etapas do procedimento; as relações entre progressões, usos e métodos; a correspondência entre a matriz de seleção, os exemplos e as tabelas dos apêndices; a definição das trocas de informação e das responsabilidades; e a natureza das evidências apresentadas para os benefícios. A leitura articula o texto principal, a matriz, os exemplos e os apêndices do guia, e as citações indicam a página impressa do documento. Ao longo do texto, distinguem-se o que o guia afirma, o que é tradução ou adaptação do autor, o que é interpretação desenvolvida neste artigo e o que é possibilidade de aplicação ou de estudo futuro. A pergunta que orienta a análise é: em que medida o procedimento proposto transforma a seleção de usos dos modelos em compromissos verificáveis de informação entre projeto, obra e operação? A seção 2 apresenta o procedimento, as seções 3 a 7 examinam suas etapas e a seção 8 reúne os resultados.

2 O PROCEDIMENTO DE PLANEJAMENTO

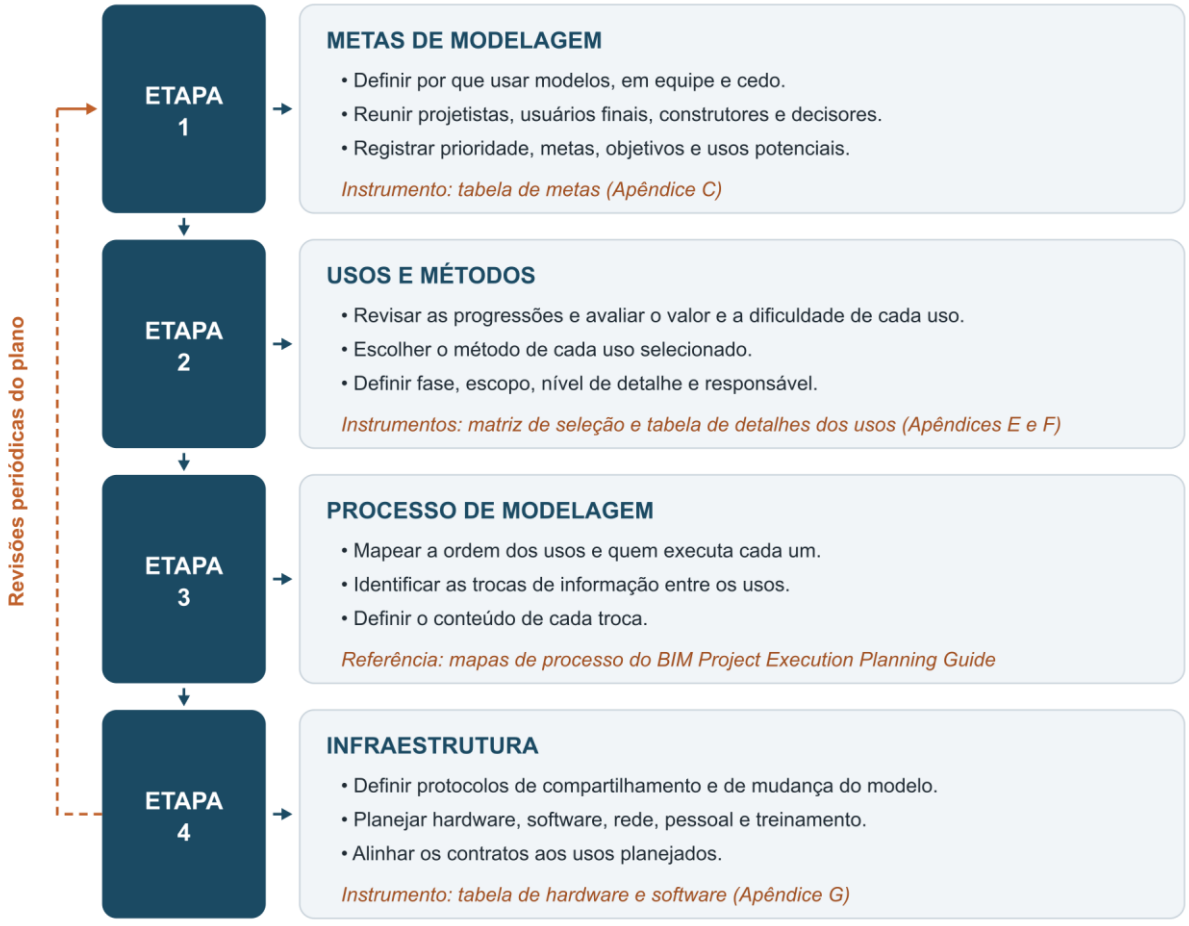
O guia se dirige principalmente à gerência de obra e ao pessoal de campo, com ênfase em quem vai planejar a implementação dos modelos no empreendimento; a equipe de projeto e os operadores da instalação concluída formam o público secundário (CII, 2016, p. 1). Seu foco é o aproveitamento do conteúdo dos modelos ao longo da fase de obra e a informação que o projeto precisa produzir para apoiá-la, reunidos em um plano de modelagem (*modeling plan*) elaborado nos estágios iniciais do empreendimento, de preferência no início do projeto (CII, 2016, p. iii). O documento não pretende descrever em detalhe todos os métodos de implementar a modelagem; orienta a equipe para as opções possíveis (CII, 2016, p. 1).

A premissa do procedimento é a continuidade entre fases. O guia pede que projeto, obra e operação planejem juntos, tão cedo quanto for viável, e que a equipe conheça os requisitos ou desejos de entrega de informação para a operação; a informação acumulada na obra pode ser tão valiosa para a operação que deve ser considerada um produto importante do empreendimento (CII, 2016, p. 1). O plano de modelagem, portanto, não é um documento

interno da construtora: depende de decisões de quem projeta e das necessidades de quem vai operar.

O procedimento tem quatro etapas, cada uma tratada em um capítulo do guia (CII, 2016, p. 2). As metas de modelagem definem por que usar modelos no empreendimento; os usos e métodos, quais tarefas vão aproveitar o conteúdo dos modelos e de que forma; o processo de modelagem, a ordem dessas tarefas, quem as executa e como o conteúdo passa de uma para outra; e a infraestrutura, os requisitos de hardware, software, rede e outros que tornam a implementação possível (CII, 2016, p. 2). O guia (CII, 2016, p. 2, 19) oferece tabelas-modelo para conduzir as etapas e, na de processo, remete aos mapas de outro documento, discutido na seção 6. O resultado é um plano que expressa a meta geral, a forma de implementação e o que será necessário para que ela seja bem-sucedida (CII, 2016, p. 2). A Figura 1 sintetiza essa sequência.

Figura 1 – Procedimento de planejamento do uso de modelos na construção em quatro etapas



Fonte: elaboração do autor com base em CII (2016, p. 2-28).
Nota: instrumentos conforme as tabelas-modelo dos apêndices do guia; na etapa 3, o guia remete aos mapas de processo de outro documento. A seta tracejada, acréscimo do autor, representa as revisões periódicas do plano recomendadas nas conclusões (CII, 2016, p. 29).

O próprio guia encadeia as etapas: os usos são avaliados em relação às metas declaradas (CII, 2016, p. 11), o processo é mapeado depois de escolhidos os usos e os métodos (CII, 2016, p. 19), e a infraestrutura é considerada depois de definidos o processo e as necessidades de informação (CII, 2016, p. 2, 22). Na leitura proposta neste artigo, começar pela aquisição de software ou de equipamentos inverte esse encadeamento e cria o risco de uma capacidade técnica sem destino definido. O guia também convida as equipes a personalizar as tabelas com seus próprios métodos (CII, 2016, p. 2, 29), o que faz do plano um instrumento de aprendizado da organização, e não apenas de um empreendimento.

3 METAS DE MODELAGEM PARA A CONSTRUÇÃO

Como as aplicações mais valiosas dependem das necessidades do proprietário, dos projetistas e dos construtores, o guia pede que as metas sejam identificadas cedo e definidas em conjunto, e não por um único membro da equipe (CII, 2016, p. 3). O argumento central é que quem modela primeiro precisa saber como seu conteúdo será usado depois: um modelo que vai alimentar a gestão da instalação, por exemplo, precisa ser desenvolvido com os atributos e identificadores que essa gestão exige (CII, 2016, p. 3).

> *Os projetistas que estão modelando hoje sabem quais informações a obra e a operação vão precisar extrair desse modelo amanhã?*

Na prática, o guia converte esse princípio em uma reunião, ou série de reuniões, com projetistas e modeladores iniciais, representantes dos usuários finais, equipe de obra e decisores das organizações participantes. A reunião é preparada por um núcleo que levanta as metas gerais do empreendimento, as metas e abordagens bem-sucedidas em empreendimentos semelhantes, a experiência dos participantes da obra e, para metas específicas, uma justificativa de negócio (*business case*) (CII, 2016, p. 3-5). Duas escolhas merecem destaque. A primeira é admitir que algumas iniciativas da construção, como a logística do canteiro, os pacotes avançados de trabalho (*advanced work packaging*, AWP) e a pré-fabricação ou modularização, podem precisar começar enquanto o modelo de projeto ainda está em desenvolvimento (CII, 2016, p. 4), o que pressupõe a participação da equipe de obra já nessa fase. A segunda é a presença dos decisores, justificada porque as metas enquadram a adoção dos modelos e orientam investimentos (CII, 2016, p. 5): a meta de modelagem é tratada como decisão de negócio, e não como preferência técnica de quem modela. As decisões ficam registradas em uma tabela que associa prioridade, meta de construção, objetivo de modelagem e usos

potenciais (CII, 2016, p. 5, 37). Nesse momento, o guia recomenda acordar apenas se e com que prioridade cada meta será perseguida, determinando por que modelar antes de discutir como (CII, 2016, p. 6).

Essa separação entre o porquê e o como evita que os usos sejam escolhidos antes de se saber a que metas devem servir. Ela não dispensa, porém, a preparação: para uma meta específica, como melhorar a segurança modelando sistemas temporários de proteção, exemplo citado no guia, a equipe deve pensar antes da reunião no escopo e no esforço necessários para gerar esses sistemas, de modo a sustentar a justificativa de negócio (CII, 2016, p. 4). A tabela de metas torna explícita a relação entre meta, objetivo de modelagem e uso, e cria uma referência para avaliar, mais tarde, se o uso escolhido serviu à meta declarada.

4 PROGRESSÕES, USOS E MÉTODOS

Definidas as metas, a equipe escolhe a modelagem que pretende adotar. O guia organiza essa escolha em três níveis: progressões do modelo, usos do modelo e métodos de implementação (CII, 2016, p. 7). A progressão do modelo é "uma sequência de atividades que aproveitam modelos digitais (usos do modelo) para atingir uma meta clara no ciclo de vida do empreendimento" (CII, 2016, p. 8, tradução nossa). O uso do modelo é "um método ou estratégia de aplicar a modelagem digital durante o ciclo de vida de um empreendimento para atingir um ou mais objetivos específicos" (CII, 2016, p. 10, tradução nossa). O método, por fim, é a forma escolhida para executar cada uso, como mostram as fichas do guia (CII, 2016, p. 7, 15). Ao estudar estratégias de implementação em empreendimentos, o grupo de pesquisa identificou seis progressões específicas da construção (CII, 2016, p. 8), resumidas no Quadro 1.

Os usos são classificados em cinco categorias: coletar, gerar, comunicar, analisar e produzir. Segundo o guia (CII, 2016, p. 10), essa classificação se baseia no trabalho de Kreider e Messner publicado em 2013; na edição on-line de 2019 desse trabalho (Kreider; Messner, 2019), consultada para este artigo, os autores denominam a quinta categoria *realize* (realizar), e não *produce*. As categorias organizam os usos conforme a forma de aproveitar a informação do modelo e correspondem a ferramentas, pessoas e finalidades diferentes: uma pessoa pode coletar a informação de projeto com uma ferramenta e entregá-la a outra pessoa, que gera um novo conteúdo, como um quantitativo para orçamento (CII, 2016, p. 10). O grupo identificou 30 usos e elaborou para cada um uma ficha de uma página; as fichas, reunidas no Apêndice D, trazem definição, habilitadores, métodos, resultados, usos subsequentes, recursos, benefícios e

práticas recomendadas (CII, 2016, p. 10, 39-96). Os 30 usos são os identificados pela pesquisa e não formam uma lista fechada: o guia admite que outros sejam identificados, definidos e acrescentados (CII, 2016, p. 10). Na contagem feita a partir da matriz de seleção, em que cada uso é contado uma única vez mesmo quando se repete em várias progressões, são 4 usos de coleta, 8 de geração, 6 de comunicação, 8 de análise e 4 de produção (CII, 2016, p. 14). As categorias classificam os usos; não estabelecem uma sequência obrigatória entre eles.

Quadro 1 – Progressões do modelo na construção e exemplos de usos associados

Progressão	**Finalidade**	**Exemplos de usos**
Gestão do produto final	Apoiar as tarefas de gestão que levam à construção física da instalação: materiais e ativos, produção, coordenação entre especialidades e qualidade.	Coletar quantitativos; gerar pacotes avançados de trabalho; analisar a construtibilidade; fabricar elementos; locar elementos em campo.
Sistemas e equipamentos temporários	Modelar elementos que permitem montar o produto final e em geral não permanecem após a obra, como andaimes, fôrmas, guindastes, caminhões e bombas de concreto, para o planejamento da construção e o controle da segurança.	Gerar o projeto de elementos temporários; gerar requisitos de equipamentos de construção; controlar equipamentos de construção.
Planejamento do canteiro e dos espaços	Planejar, representar e analisar o layout do canteiro e a logística, com acesso adequado de materiais e equipamentos e avaliação de cenários alternativos.	Coletar as condições existentes; gerar a logística da construção; analisar a logística da construção.
Gestão do tempo	Planejar e controlar o prazo e a sequência das atividades, com acesso à sequência, ao avanço e às previsões do cronograma.	Gerar o cronograma da construção; comunicar a sequência de construção; analisar a sequência de construção.
Gestão da segurança	Planejar e controlar o desempenho de segurança, com reconhecimento de perigos e sobreposição de atividades simultâneas para identificar conflitos.	Gerar requisitos de segurança; comunicar o plano de segurança; analisar o projeto para a segurança.
Gestão de custos	Planejar e controlar o desempenho de custos, dos quantitativos e da comprovação de compras e medições à atualização de estimativas e previsões.	Gerar a estimativa de custos; comunicar o desempenho de custos; analisar o desempenho de custos.

Fonte: elaboração do autor com base em CII (2016, p. 8-9, 14).
Nota: denominações traduzidas pelo autor. Os exemplos foram selecionados da matriz de seleção do guia, que reúne 30 usos; alguns, como coletar a informação de projeto, aparecem em várias progressões.

A estrutura favorece o reaproveitamento da informação, como o próprio guia sustenta (CII, 2016, p. 7). Usos iniciais, como coletar a informação de projeto e coletar as condições existentes, dão partida a várias progressões; o guia os repete em cada uma por conveniência de planejamento, embora possam ser executados uma única vez e ter sua informação reaproveitada

nas demais (CII, 2016, p. 9). Para quem planeja, isso dá peso maior à coleta da informação de projeto, que o guia trata como passo fundamental de todas as progressões (CII, 2016, p. 42): uma falha nessa origem se propaga aos usos que dela dependem. A ficha desse uso mostra também a escolha do método: coletar os arquivos de modelo diretamente dos projetistas ou coletar documentos e convertê-los em modelo 3D (CII, 2016, p. 42). A locação de elementos em campo, por sua vez, pode ser feita com estação total, por métodos automatizados ou robóticos, ou com realidade aumentada (CII, 2016, p. 54). Um mesmo uso, portanto, pode ter custos, prazos e exigências de habilidade muito diferentes conforme o método escolhido.

> *O modelo que a obra vai receber poderá ser aproveitado diretamente, ou alguém terá de reconstruí-lo a partir de desenhos?*

As fichas também precisam ser lidas com cautela. Os benefícios listados, como reduzir conflitos em campo, aumentar a produtividade e reduzir custo e prazo (CII, 2016, p. 49), descrevem resultados esperados de cada uso. A única ficha que menciona explicitamente um estudo ao descrever os benefícios é a de pacotes avançados de trabalho, segundo a qual um estudo do CII observou melhorias significativas em produtividade, custo, segurança, prazo, previsibilidade e qualidade, crescentes em ritmos diferentes à medida que a maturidade dessa abordagem avançava (CII, 2016, p. 46). A menção, contudo, relaciona os ganhos à maturidade dos pacotes avançados de trabalho e não permite isolar a contribuição dos modelos em relação aos demais componentes da abordagem. Os artigos citados em outras fichas aparecem associados às ilustrações, sem que o guia explicite como seus resultados sustentam os benefícios listados (CII, 2016, p. 48, 88, 93, 95). Em coerência com a ressalva do próprio guia sobre o retorno do investimento, comentada na introdução, a lista de benefícios deve ser lida mais como conjunto de hipóteses a verificar no empreendimento do que como resultado comprovado.

5 SELEÇÃO DOS USOS: VALOR E DIFICULDADE

Nem todos os usos possíveis merecem ser adotados. O guia propõe escolher os de maior valor com base sobretudo em dois critérios: o valor percebido, julgado em relação às metas do empreendimento e da construção, e a dificuldade de execução (CII, 2016, p. 11). Entre os muitos fatores que influenciam a dificuldade, o guia discute cinco (habilidade; tempo e eficiência; escopo e nível de detalhe; comunicação; confiabilidade), ilustrados sobretudo pelo planejamento de fôrmas e pela atualização de um modelo 4D, isto é, um modelo 3D vinculado ao cronograma (CII, 2016, p. 11-13).

Lidos em conjunto, os fatores mostram que a dificuldade de um uso raramente está apenas no software. Habilidade e escopo dependem sobretudo da equipe de modelagem. Já tempo, comunicação e confiabilidade dependem também de decisões que ela não controla: quando o construtor é envolvido e quanto tempo separa a contratação da mobilização, como as mudanças de campo chegam a quem atualiza o modelo e se o projetista produz os documentos contratuais a partir do mesmo modelo que entrega (CII, 2016, p. 12-13). O guia aponta o envolvimento antecipado do construtor como o melhor cenário, mas reconhece que ele nem sempre é viável (CII, 2016, p. 12). A seleção dos usos, portanto, já antecipa as questões de processo e de contrato tratadas nas seções 6 e 7. O Quadro 2 resume esses fatores e as perguntas que cada um levanta para o planejamento.

Quadro 2 – Fatores de dificuldade na seleção dos usos do modelo

Fator	**Pergunta para a equipe**	**Risco quando o fator não é tratado**
Habilidade	A equipe tem a competência de software e de processo que o uso exige, ou sabe onde obtê-la?	O modelo pode não representar uma solução tecnicamente adequada, ou o uso pode passar a depender de terceiros sem previsão.
Tempo e eficiência	A informação ficará pronta antes da decisão que deve apoiar, como a encomenda do material?	O resultado pode chegar depois da decisão e perder valor; com mobilização rápida, menos usos podem ser viáveis.
Escopo e nível de detalhe	Que profundidade de geometria e de informação os usos seguintes realmente exigem?	A modelagem pode tornar-se onerosa e agregar pouco valor às atividades seguintes.
Comunicação	Como as mudanças de campo e de projeto chegarão a quem atualiza o modelo e o cronograma?	O modelo e o planejamento da sequência baseado nele podem ficar desatualizados e perder utilidade.
Confiabilidade	O modelo recebido é a mesma base dos documentos contratuais e funciona com o software e os padrões da equipe?	A equipe pode perder tempo completando o modelo ou ter de reconstruí-lo do zero.

Fonte: elaboração do autor com base em CII (2016, p. 11-13).
Nota: a terceira coluna indica riscos, e não consequências inevitáveis; resume situações descritas ou exemplificadas no guia, com interpretação do autor nos dois primeiros fatores (habilidade; tempo e eficiência).

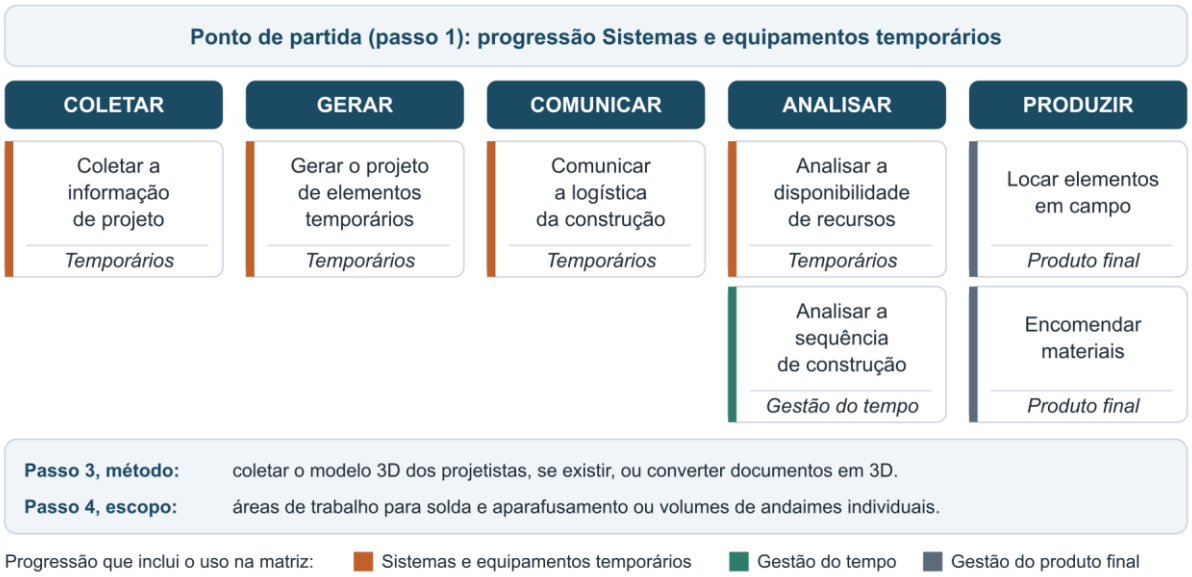
> *Quais usos escolhidos dependem de uma informação que só ficará pronta depois da decisão que deveriam apoiar?*

Com esses critérios, a seleção segue quatro passos: o primeiro é revisar cada progressão na matriz de seleção; o segundo, avaliar se a proposta de valor de cada uso justifica sua adoção; o terceiro, identificar o método de cada uso selecionado; e o quarto, definir o escopo e a parte responsável, documentando fases e notas para atividades futuras (CII, 2016, p. 15-16). A matriz

de seleção (CII, 2016, p. 14, 97) e a tabela de detalhes dos usos, com fase, método, responsáveis, escopo ou nível de desenvolvimento e notas (CII, 2016, p. 99), registram essas decisões. O guia fala em nível de detalhe ao discutir a dificuldade dos usos e o exemplo dos andaimes (CII, 2016, p. 12, 16) e em nível de desenvolvimento na tabela de detalhes (CII, 2016, p. 99); neste artigo, as duas expressões são lidas como requisitos a definir conforme o uso pretendido.

O guia aplica os passos ao planejamento de andaimes com apoio de um modelo 3D. A revisão parte da progressão de sistemas e equipamentos temporários, e os usos que poderiam ser selecionados incluem coletar a informação de projeto, gerar o projeto de elementos temporários, comunicar a logística da construção, analisar a disponibilidade de recursos, analisar a sequência de construção, locar elementos em campo e encomendar materiais (CII, 2016, p. 15). A Figura 2 dispõe esses usos pelas categorias e indica quais constam da progressão de partida na matriz de seleção.

Figura 2 – Usos do modelo selecionáveis para o planejamento de andaimes



Fonte: elaboração do autor com base em CII (2016, p. 14-17).
Nota: denominações dos usos traduzidas pelo autor. A disposição por categoria não indica sequência obrigatória. Em laranja e com a etiqueta “Temporários”, os usos que constam da progressão de partida na matriz de seleção, ainda que constem também de outras; nas demais cores, com a etiqueta da progressão correspondente, os que só aparecem em outra progressão.

A figura evidencia um ponto que o texto do guia não destaca. Embora a revisão comece por uma progressão, três dos sete usos nem constam dela na matriz: analisar a sequência de construção, que aparece na gestão do tempo; locar elementos em campo e encomendar materiais, ambos na gestão do produto final (CII, 2016, p. 14-15). A progressão orienta a busca, mas a seleção final atravessa progressões conforme a decisão que se pretende apoiar.

O terceiro e o quarto passos mostram que escolher o uso não encerra o planejamento. Definido o método de coleta, o guia sugere começar a definição do escopo pelas áreas de trabalho ou pelos sistemas que o andaime vai atender, com um nível de detalhe acordado: as áreas podem ser representadas como espaços de trabalho para solda e aparafusamento ou como volumes de andaimes individuais (CII, 2016, p. 15-16). O exemplo revela que o detalhamento muda a pergunta. Nas reuniões específicas que o guia sugere em seguida, a equipe passa a decidir se o andaime é o melhor meio de acesso para cada área, quais áreas podem ser combinadas entre especialidades e quando e por quanto tempo cada trecho será necessário, o que pode exigir um uso adicional, o cronograma em modelo 4D (CII, 2016, p. 17). A ficha do projeto de elementos temporários vai na mesma direção: coordenar as especialidades o quanto antes costuma revelar soluções mais enxutas para esses elementos, como atender a várias necessidades de andaime com uma só estrutura, ou mesmo torná-los desnecessários (CII, 2016, p. 61). O resultado do planejamento pode ser, assim, reduzir o próprio elemento que se pretendia modelar, o que reforça o argumento de que o valor do plano está na decisão que ele apoia, e não no modelo em si.

Ao final da seleção, a equipe tem uma lista clara dos usos e dos métodos que serão implementados (CII, 2016, p. 17). O exemplo mostra também dependências entre usos, como a necessidade do modelo 4D para avaliar a permanência dos andaimes, mas não atribui responsável a nenhum dos usos, embora o título do quarto passo e a tabela de detalhes dos usos prevejam essa atribuição (CII, 2016, p. 16, 99). Trata-se de uma lacuna no desenvolvimento do exemplo, e não de ausência de responsabilidades no procedimento. A lacuna é relevante porque, como se discute nas seções 6 e 7, é a definição de quem entrega e de quem mantém cada informação que torna o plano verificável.

6 PROCESSO DE MODELAGEM E TROCAS DE INFORMAÇÃO

Escolhidos os usos e os métodos, a terceira etapa os organiza em um mapa de processo que torna visíveis a sequência das atividades e os pontos em que a informação passa de uma atividade ou de um membro da equipe para outro (CII, 2016, p. 19). É a etapa menos desenvolvida do guia: em uma página de texto, ele remete o método de mapeamento, que usa a notação BPMN, de modelagem de processos de negócio, aos capítulos 3 e 4 do *BIM Project Execution Planning Guide* (Computer Integrated Construction Research Program, 2010), criado, segundo o guia, em colaboração entre o CII e o grupo de pesquisa Computer Integrated Construction da Pennsylvania State University (CII, 2016, p. 19). No mapa de exemplo,

extraído desse documento, os usos ocupam a faixa superior, a do processo, e as trocas de informação aparecem na faixa inferior (CII, 2016, p. 19-20). O que o guia recomenda é definir, no planejamento detalhado, a informação específica de cada troca; ao final da etapa, a equipe deve ter um mapa claro do processo e saber que informação flui de um uso a outro (CII, 2016, p. 19).

> *Para cada troca de informação prevista no mapa, sabemos quem entrega, quem recebe, em que formato e com que conteúdo mínimo?*

A troca de informação é o ponto em que o plano se torna verificável. Uma lista de usos indica intenções; um mapa com trocas definidas permite perguntar se a informação chegou, se estava completa e se pôde ser usada. É também nas trocas que se concentram os riscos apontados na seleção dos usos: um modelo de projeto que não corresponde aos documentos contratuais ou uma mudança de campo que não chega ao planejador comprometem os usos que dependem dessa informação (CII, 2016, p. 13).

7 INFRAESTRUTURA, PESSOAL E CONTRATOS

A quarta etapa trata a infraestrutura como consequência das anteriores: o processo descreve como o conteúdo de projeto se torna informação útil à obra, e a infraestrutura deve mantê-la consistente, confiável e acessível no ritmo do canteiro (CII, 2016, p. 21). A primeira condição são as regras de acesso, alteração e comunicação de mudanças no modelo, que devem ser documentadas e revistas sempre que necessário, à medida que o empreendimento passa do projeto à obra, porque dados não sincronizados pouco servem quando há dúvida sobre a validade da informação usada na obra (CII, 2016, p. 21). Também as reuniões apoiadas no modelo precisam ter conteúdo e formato de revisão planejados a partir do objetivo de cada uma (CII, 2016, p. 22). Quanto ao hardware, o guia distingue o escritório de obra, onde a ênfase é visualizar e discutir o modelo, com computadores capazes de navegar em arquivos extensos, telas grandes e quadros interativos, e o campo, onde os dispositivos devem ser definidos com o método de cada uso e as aplicações menos maduras podem exigir testes-piloto (CII, 2016, p. 22-25).

Dois pontos do capítulo de infraestrutura do guia ajudam a ler o procedimento como um todo. A sincronização entre os dispositivos móveis e a rede, com frequência definida (CII, 2016, p. 26), é menos um requisito de equipamento do que uma regra de atualização da informação: transforma em rotina o fator comunicação discutido na seleção dos usos. E os

critérios de escolha do software, que incluem interoperabilidade, facilidade de atualização e simplicidade para quem apenas visualiza o modelo (CII, 2016, p. 26), colocam o software a serviço das trocas de informação previstas. O mesmo vale para o pessoal. O guia pede formação sobre o que o modelo representa e como é usado, papéis definidos em cada uso, inclusive das subcontratadas, e treinamento completo quando a ferramenta é nova, porque pessoas sem preparo podem se frustrar com as ferramentas, prejudicar a captura e o uso da informação atualizada e formar percepções negativas sobre a implementação (CII, 2016, p. 27). Para este artigo, o efeito mais grave recai sobre a informação atualizada, de que os demais usos dependem.

> *Quem, na obra, será responsável por manter o modelo coerente com o que mudou no campo, e com que frequência essa atualização vai acontecer?*

Os contratos fecham o conjunto e, na leitura deste artigo, respondem em parte a uma limitação que o próprio guia admite: o envolvimento antecipado do construtor, melhor cenário para o planejamento, nem sempre é viável (CII, 2016, p. 12). Nessa situação, os requisitos contratuais são um dos meios de levar ao projeto as necessidades da obra, desde que essas necessidades tenham sido previamente identificadas e traduzidas em exigências de informação; o contrato as formaliza, mas não substitui a participação técnica no planejamento. O guia, por sua vez, observa que planejar a modelagem favorece a colaboração, mas atribui à forma de contratação e à linguagem contratual o alinhamento entre papéis e usos planejados. Formas de contratação mais integradas, como projeto e construção (*design-build*), facilitam esse alinhamento; quando projeto e obra são contratados separadamente, o proprietário deve dar atenção especial aos requisitos contratuais de uso e de compartilhamento do modelo (CII, 2016, p. 27). Os tópicos que o guia sugere considerar e, se aplicável, incluir nos contratos (desenvolvimento e gestão do modelo e responsabilidades das partes; compartilhamento e direito de se basear na informação; formatos e interoperabilidade; propriedade intelectual) podem ser incorporados a contratos-padrão editados, e o guia cita adendos e referências públicas norte-americanas, como o Attachment F do U.S. Army Corps of Engineers, o E202 do American Institute of Architects e o ConsensusDOCS 301 (CII, 2016, p. 28). O guia recomenda, ainda, referenciar o plano escrito nos contratos para vincular as partes à participação tanto no planejamento quanto na implementação da modelagem (CII, 2016, p. 28).

O direito de se basear na informação do modelo (*right of reliance*), definido no Apêndice B do guia como “a capacidade de uma parte de confiar na informação contida em um modelo para uma atividade futura” (CII, 2016, p. 33, tradução nossa), liga o tema contratual ao

fator confiabilidade discutido na seleção dos usos. Se a obra não pode se basear no modelo recebido, cada uso que dele depende passa a exigir verificação ou reconstrução, e as metas que esses usos deveriam apoiar ficam comprometidas. A confiabilidade da informação, portanto, não é apenas uma questão técnica de modelagem: depende também do que o contrato estabelece.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando a pergunta da introdução, a análise permite destacar três resultados. O primeiro é que a seleção dos usos pode atravessar progressões: no exemplo dos andaimes, três dos sete usos selecionáveis estão fora da progressão de partida, e cada uso escolhido exige método, escopo, nível de detalhe e dependências definidos, como a necessidade do modelo 4D para avaliar a permanência dos andaimes (CII, 2016, p. 14-17). O segundo é que o plano só se torna verificável quando se converte em compromissos de informação, com entregas definidas, responsáveis, regras de atualização e condições de confiança e de uso; o guia distribui esses elementos entre o mapeamento das trocas, a infraestrutura e os contratos (CII, 2016, p. 19-28), mas o exemplo dos andaimes não chega a atribuir responsáveis (CII, 2016, p. 16-17). O terceiro é que o guia oferece uma estrutura de planejamento, mas não apresenta dados suficientes para avaliar quantitativamente o retorno de sua aplicação (CII, 2016, p. 1, 29, 46).

A resposta à pergunta inicial é, portanto, parcial. O procedimento oferece os meios para transformar a seleção de usos em compromissos verificáveis, mas essa transformação depende de a equipe preencher, em cada empreendimento, o que o guia prevê sem exemplificar por completo, como os responsáveis por cada uso e o conteúdo de cada troca. Daí a síntese interpretativa proposta neste artigo, que o guia não formula com essas palavras: o plano de modelagem funciona como um acordo de informação entre projeto, obra e operação, que define quem precisa de qual informação, para qual decisão, em que momento, com que nível de detalhe, sob responsabilidade de quem, com que regras de atualização e com que confiança, e em que condições ela pode ser compartilhada e usada.

Das quatro práticas que o guia destaca nas conclusões, a primeira é a que sustenta diretamente essa leitura: elaborar o plano cedo, para que a equipe de obra influencie a criação e o formato do modelo de projeto. Em um dos estudos de caso da pesquisa, o fabricante de andaimes modelou com os projetistas, ainda na fase de projeto, as necessidades detalhadas de andaime, e o empreendimento economizou parte significativa do orçamento de andaimes (CII, 2016, p. 29). As outras três (obter apoio para as iniciativas de modelagem, sobretudo quando

exigem recursos mais cedo; rever periodicamente o plano; e acompanhar o desempenho com métricas essenciais e registrar lições aprendidas) tratam o plano como um compromisso a ser sustentado, revisto e cobrado ao longo do empreendimento, e não como um documento de partida (CII, 2016, p. 29).

O guia e esta análise têm limites que convém explicitar. O documento data de 2016, seus exemplos ilustrados vêm de empreendimentos como uma unidade industrial de processamento de diesel e um centro de dados (CII, 2016, p. 42, 45) e suas referências contratuais são norte-americanas (CII, 2016, p. 28), o que exige adaptação para outros tipos de obra e para o contexto contratual brasileiro. Como apontado nas seções 1 e 4, o guia apresenta benefícios esperados e relatos qualitativos de ganhos, entre eles as melhorias associadas à maturidade dos pacotes avançados de trabalho (CII, 2016, p. 46) e a economia com andaimes citada acima (CII, 2016, p. 29), mas não explicita os dados, as métricas e os procedimentos necessários para verificar sua magnitude; essa limitação restringe o uso do documento como comprovação de desempenho, sem invalidar o procedimento de planejamento que ele propõe. Este artigo, por sua vez, baseia-se em análise documental, sem aplicação do procedimento a um empreendimento. Estudos futuros podem aplicar o procedimento em obras brasileiras, medir o efeito dos usos selecionados com um conjunto de métricas essenciais, como o guia recomenda desenvolver sem especificá-las, e comparar o plano de modelagem com os conceitos e princípios de gestão da informação da série ISO 19650, cuja primeira parte (ISO, 2018) foi publicada em 2018, depois do guia.

Ainda assim, o procedimento é útil para equipes que pretendam usar modelos na obra. Antes de escolher ferramentas, a equipe pode perguntar-se o que precisa decidir, que informação sustenta essa decisão, quem a produz e quando ela precisa estar pronta. O plano de modelagem deixa, então, de ser um documento de intenções e passa a orientar a preparação da obra.

> *Que decisão da próxima obra poderia ser tomada com mais segurança se o modelo de projeto tivesse sido planejado, desde o início, para respondê-la?*

REFERÊNCIAS

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. **BIM project execution planning guide**. Version 2.0. University Park: The Pennsylvania State University, 2010. Disponível em: https://www.engr.psu.edu/ae/cic/bimex/downloads/guide/bim_pxp_guide-v2.0.pdf. Acesso em: 1 nov. 2026.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE (CII). **Using models in construction**: a planning guide. Austin: CII, 2016. 101 p. (Implementation Resource, 324-2). Disponível em: https://www.construction-institute.org/using-models-in-construction-a-planning-guide. Acesso em: 1 nov. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **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: part 1: concepts and principles. Geneva: ISO, 2018. 34 p. Disponível em: https://www.iso.org/standard/68078.html. Acesso em: 1 nov. 2026.

KREIDER, Ralph G.; MESSNER, John I. **The uses of BIM**: classifying and selecting BIM uses. Version 1.0. University Park: The Pennsylvania State University, 2019. E-book. Disponível em: https://psu.pb.unizin.org/usesofbim/. Acesso em: 1 nov. 2026.

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Durante a elaboração deste artigo, foram utilizadas as ferramentas de Inteligência Artificial Generativa ChatGPT, desenvolvida pela OpenAI e Claude, desenvolvida pela Anthropic, como recurso de apoio ao processo de elaboração do trabalho, especialmente para a organização de ideias, a revisão linguística, o aprimoramento da clareza e da coesão textual, a adequação da redação acadêmica, a estruturação preliminar de conteúdo e a padronização da formatação.

As ferramentas foram utilizadas de maneira complementar e supervisionada, não substituindo a análise crítica, as decisões metodológicas, a interpretação dos resultados nem a autoria do pesquisador. Todo conteúdo sugerido ou produzido com o auxílio das ferramentas foi analisado, revisado, adaptado e validado pelo autor antes de sua incorporação ao trabalho.

As referências bibliográficas, os dados, as análises, as interpretações, as decisões metodológicas e as conclusões apresentadas neste artigo são de responsabilidade integral do autor. As ferramentas de Inteligência Artificial não foram utilizadas para fabricar dados, resultados, citações ou referências bibliográficas.

O uso das ferramentas ocorreu de forma transparente e responsável, em conformidade com os princípios de integridade científica, responsabilidade autoral e transparência previstos na Portaria CNPq nº 2.664, de 6 de março de 2026.