

## O NÍVEL IDEAL DE DETALHAMENTO NA MODELAGEM 4D PARA MAXIMIZAR A EFICIÊNCIA E VISIBILIDADE NO PLANEJAMENTO DE OBRAS

### The Ideal Level of Detail in 4D Modeling to Maximize Efficiency and Visibility in Construction Planning

**Mariana Aparecida Vieira**

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina | [vieira.mariana84@gmail.com](mailto:vieira.mariana84@gmail.com)

**Leonardo de Aguiar Corrêa**

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina | [leonardo.ac@posgrad.ufsc.br](mailto:leonardo.ac@posgrad.ufsc.br)

**Fernanda Fernandes Marchiori**

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina | [fernanda.marchiori@ufsc.br](mailto:fernanda.marchiori@ufsc.br)

#### RESUMO

Este estudo investiga qual o nível de desenvolvimento (LOD) mais adequado para a modelagem 4D aplicada ao planejamento de curto prazo de obras civis. A pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso em um edifício residencial-comercial, onde se compararam os LODs 300 e 400 quanto ao esforço de atualização do modelo BIM 4D e à clareza de comunicação com a equipe de campo. Ao longo de 13 semanas, foram coletados dados em visitas técnicas e atualizações no BIM 4D. Os resultados indicam que, embora o LOD 400 proporciona maior precisão, seu alto detalhamento compromete a agilidade e a interpretação visual. O LOD 300, por sua vez, reduziu o tempo de modelagem em 42% e a duração das reuniões em 43%, sem prejudicar a clareza. Conclui-se que, em planejamentos semanais, o LOD 300 oferece melhor custo-benefício, desde que aliado a padrões visuais claros e à capacitação mínima da equipe.

**Palavras-chave:** Modelagem 4D. LOD. Planejamento de obras. Planejamento de curto prazo.

#### ABSTRACT

*This study investigates the most suitable Level of Development (LOD) for 4D modeling applied to short-term planning in construction projects. The research was conducted through a case study of a mixed-use residential-commercial building, comparing LODs 300 and 400 in terms of the effort required to update the 4D BIM model and the clarity of communication with the field team. Over 13 weeks, data were collected during technical site visits and updates to the 4D BIM. The results indicate that, although LOD 400 provides greater precision, its high level of detail compromises agility and visual interpretation. LOD 300, on the other hand, reduced modeling time by 42% and meeting duration by 43%, without compromising clarity. It is concluded that, for weekly planning, LOD 300 offers a better cost-benefit ratio, provided it is combined with clear visual standards and basic team training.*

**Keywords:** 4D Modeling. LOD. Construction Planning. Short-Term Planning.

# 1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil continua a enfrentar desafios significativos decorrentes da persistência de métodos tradicionais de planejamento. Esses métodos, embora amplamente utilizados, apresentam limitações substanciais na identificação e no gerenciamento de atividades ocultas, e carecem de recursos eficazes de visualização do projeto, o que dificulta a compreensão integrada do cronograma e da obra (Doukari *et al.*, 2022; Prebanić, K. R.; Vukomanović, M., 2021). Segundo Noichl *et al.* (2025), os principais desafios da indústria da construção contemporânea se dividem entre questões inerentes ao processo — como sustentabilidade, digitalização e interoperabilidade — e problemas relacionados à representação semântica e informacional dos ativos construídos, o que evidencia a necessidade de modelos informacionais mais ricos e úteis como o *Building Information Modeling* (BIM). Nesse contexto, aumentar a confiabilidade do planejamento é fundamental para alcançar um fluxo estável, promover alta produtividade e melhorar a qualidade do produto final (Ahankoob *et al.*, 2012). Reconhecer a importância da adoção de novas tecnologias digitais na indústria da construção é essencial, considerando os expressivos benefícios que elas oferecem (Ikuabe *et al.*, 2020).

Dois metodologias vêm promovendo mudanças significativas na engenharia: o *Lean Construction* e o BIM. O *Lean Construction*, ou construção enxuta, tem como objetivo maximizar o valor entregue ao cliente com o menor consumo possível de recursos (Womack; Jones, 2004, apud Batti *et al.*, 2013, p. 2). Seus princípios incluem a redução de estoques, eliminação de desperdícios, aumento da eficiência e a revelação de problemas no fluxo produtivo como oportunidades de melhoria (Koskela, 1998, apud Batti *et al.*, 2013, p. 3). A gestão baseada em BIM permite que todos os envolvidos acessem dados atualizados em tempo real, promovendo maior integração e eficiência nos processos (Gomes; De Almeida, 2021).

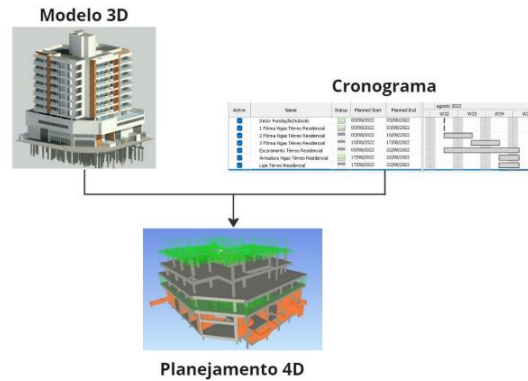
Embora apresentem conceitos distintos, *Lean* e *BIM*, quando utilizados em conjunto, potencializam os ganhos de produtividade e eficiência nos projetos de construção (Sacks *et al.*, 2010). O BIM, especificamente, destaca-se como ferramenta essencial para a gestão de projetos, permitindo simulações da construção e identificação antecipada de erros de planejamento (BAIA *et al.*, 2014). Sua correta implementação contribui para mitigar problemas recorrentes, como retrabalhos, interferências entre disciplinas e desperdícios de materiais (Sousa; Meiriño, 2013).

Contudo, a utilização apenas do modelo 3D para o gerenciamento da obra ainda exige que o planejador visualize mentalmente a evolução da construção, o que dificulta a compreensão do processo (Wang *et al.*, 2004). A adição da variável tempo ao modelo tridimensional, conhecida como modelagem 4D, possibilita a visualização da evolução da obra ao longo do tempo, promovendo análises mais precisas e facilitando a tomada de decisões (Baia *et al.*, 2014). A integração do BIM 3D com os cronogramas de construção (BIM 4D) permite a simulação em tempo real do progresso da obra, melhorando o planejamento, a comunicação e a detecção precoce de conflitos (Tak *et al.*, 2021). A utilização da ferramenta é essencial para a visualização integrada do cronograma, favorecendo a compreensão coletiva e o alinhamento entre os diversos agentes envolvidos na execução da obra (Ahankoob *et al.*, 2012).

No entanto, a aplicação dessa tecnologia ainda enfrenta diversos desafios. O desenvolvimento do modelo 4D a partir de desenhos 2D demanda tempo e esforço consideráveis, além da ausência de padrões visuais bem definidos para representar as etapas e os elementos construtivos, o que pode comprometer a consistência e a compreensão do modelo. (Castronovo *et al.*, 2014; Pitake, S. A. *et al.*, 2013). Ainda conforme Castronovo (2014), para que seja eficiente, a representação visual deve ser clara, compreensível e comunicar facilmente as informações e os dados do modelo aos diversos participantes da construção. Através da Figura 1 pode ser compreendido como ocorre a obtenção do Planejamento 4D.

Um aspecto fundamental para a eficácia do planejamento 4D é a definição do *Level of Development (LOD)*, que representa o nível de detalhamento e confiabilidade das informações do modelo BIM em cada fase. O grau de desenvolvimento da modelagem deve estar alinhado ao objetivo do usuário. Modelos com baixo nível de detalhe tendem a agrupar várias atividades sob um único componente, como no caso da execução de uma sapata, que pode englobar desde a escavação até a desforma (Eastman *et al.*, 2014). Por outro lado, níveis excessivamente detalhados podem tornar o processo de modelagem inviável e menos eficiente, superando o necessário para representar incertezas e variabilidades (Riley, 1998, apud Biotto, 2012).

Figura 1: Conceito do planejamento 4D.



Fonte: Adaptado de Wang et al (2004).

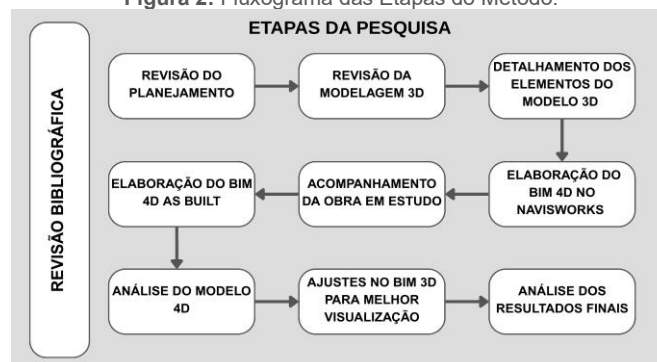
Apesar do avanço das pesquisas em BIM 4D, persistem lacunas importantes quanto ao nível de desenvolvimento (LOD) ideal para planejamentos de curto prazo, sobretudo quando se considera a atualização em ciclos semanais e a necessidade de decisões rápidas no canteiro. Este artigo busca preencher parte dessa lacuna ao investigar, em um estudo de caso real, como diferentes LODs impactam o esforço de modelagem e a eficácia da comunicação entre equipe de campo e planejadores. Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar qual o nível de desenvolvimento (LOD) mais adequado para a aplicação do planejamento 4D em planejamentos de curto prazo. Para isso, busca-se avaliar o equilíbrio entre o detalhamento necessário para uma visualização eficiente da obra e a praticidade de aplicação no ambiente de canteiro.

## 2 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho adotou a estratégia metodológica de estudo de caso, conforme proposto por Yin (2015), por se tratar de uma investigação aplicada em ambiente real, com foco na compreensão aprofundada de fenômenos contemporâneos no contexto da construção civil. O estudo foi conduzido em um empreendimento residencial-comercial de médio padrão, localizado na cidade de Palhoça/SC, com estrutura em concreto armado e alvenaria convencional. O objetivo foi avaliar a aplicação do planejamento 4D em planos de curto prazo, analisando o impacto do nível de desenvolvimento (LOD) do modelo BIM na clareza da visualização e na eficácia da comunicação entre a equipe de planejamento e o canteiro.

A metodologia foi dividida nas seguintes etapas, ilustradas na Figura 2: (i) Revisão bibliográfica, com foco em modelagem BIM 4D, níveis de detalhamento (LOD) e planejamento de curto prazo; (ii) Revisão do modelo 3D existente, com verificação da geometria e adequação das informações para uso em ambiente 4D; (iii) Determinação das estratégias de detalhamento, inicialmente com modelagem em LOD 400 e posterior transição para LOD 300; (iv) Integração com cronograma, utilizando a ferramenta TimeLiner do Autodesk Navisworks Manage; (v) Acompanhamento da execução, com visitas in loco semanais (13 no total), registro fotográfico, entrevistas com a engenheira residente e atualização do modelo com base na execução real; e (iv) Comparação entre o modelo previsto e executado, avaliando tempo de modelagem, clareza visual e percepção da equipe de obra.

Figura 2: Fluxograma das Etapas do Método.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O planejamento de obras foi disponibilizado por meio da metodologia em linha de balanceamento, com foco no planejamento de longo prazo, no software *Prevision*. A partir disso, foram analisadas as atividades previstas para o período entre agosto e outubro de 2022, intervalo em que ocorreu o acompanhamento presencial da obra. A modelagem tridimensional do projeto arquitetônico foi disponibilizada no software *Autodesk Revit*, e do projeto estrutural, no formato de arquivo IFC (*Industry Foundation Classes*). Esses modelos foram aprimorados em termos geométricos e informacionais, a fim de adequá-los ao uso no planejamento 4D. A integração com o cronograma foi feita no *Autodesk Navisworks Manage*, por meio da ferramenta *TimeLine*, permitindo a simulação da evolução da obra.

Figura 3: Modelo arquitetônico e estrutural da obra do estudo de caso.



Fonte: Disponibilizado pela empresa de consultoria em gestão de custos.

Durante o período de acompanhamento (agosto a outubro de 2022), foram realizadas ao total 13 visitas semanais à obra. Nessas visitas, foram coletadas informações por meio de registros fotográficos *in loco*, anotações em campo e reuniões com a engenheira responsável pela obra. As informações coletadas incluíam o status de execução das atividades que estavam previstas naquela semana, a quantidade de equipe, eventuais desvios em relação ao planejado e os próximos passos. Esses dados eram organizados em uma planilha de controle semanal. Com base nesse conjunto de informações, eram feitos os ajustes no modelo 3D e as atualizações do planejamento 4D no *Navisworks*, de modo a representar, semanalmente, o que havia sido efetivamente executado.

Para viabilizar essa representação, optou-se por detalhar o modelo 3D em maior profundidade, separando os elementos estruturais de forma individualizada — como vigas, pilares e lajes — e subdividindo-os por etapas construtivas específicas, como fôrmas, armação, concretagem e escoramento. Essa estratégia permitiu uma visualização mais segmentada do progresso da obra, ainda que tenha demandado um maior esforço de modelagem e coordenação entre os componentes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem 4D desenvolvida ao longo do acompanhamento da obra permitiu representar o progresso semanal das atividades, integrando as informações coletadas em campo ao modelo tridimensional. O acompanhamento foi limitado às etapas referentes à superestrutura do edifício (Subsolo, Térreo, Mezanino e G1), visto que o período de visitas coincidiu com a execução dessa fase da obra.

Apesar do planejamento 4D, na teoria, prever a criação de modelos com base em cronogramas previamente estruturados e definidos em conjunto com os executores, este estudo adotou um fluxo inverso, condicionado pelas limitações de tempo e estrutura disponíveis no canteiro. Em vez de antecipar as etapas, o modelo foi alimentado semanalmente com base no que já havia sido executado, o que transformou o 4D em uma ferramenta de acompanhamento visual do progresso, e não de antecipação das ações.

Embora esse processo não se alinhe ao conceito tradicional de planejamento 4D, ele permitiu explorar uma nova abordagem prática: utilizar o 4D como recurso de registro e análise visual da obra em tempo real. Essa abordagem possibilitou à equipe de pesquisa avaliar, na prática, as dificuldades e limitações relacionadas ao detalhamento do modelo e ao nível de desenvolvimento mais adequado para representar visualmente o planejamento de curto prazo em ambiente de obra.

Durante o período de acompanhamento, o cronograma previsto foi decomposto em setenta e oito atividades operacionais distribuídas pelos pavimentos Subsolo, Térreo, Mezanino e G1. A cada quarta-feira, a equipe de pesquisa realizava inspeção em campo com câmera DSLR e checklist de avanço físico; na mesma tarde, o status era atualizado no *Navisworks* e, à noite, uma animação 4D de trinta segundos era compartilhada via nuvem para a reunião de quinta-feira. Nas primeiras quatro semanas trabalhou-se com LOD 400, que representa fôrmas, armaduras, concretagem e escoramentos como objetos distintos.

Ao longo das visitas semanais, verificou-se que o elevado nível de detalhamento e a fragmentação do modelo 4D comprometeram a clareza visual das atividades planejadas. A separação de fôrmas, armações e escoramentos em componentes distintos, para cada viga, pilar e laje, gerou um volume excessivo de elementos gráficos. Tal configuração dificultou a interpretação do modelo, especialmente em situações de execução parcial, nas quais não havia critérios definidos para representar o estado intermediário das atividades.

Além disso, esse detalhamento excessivo exigia um tempo considerável de modelagem e coordenação, comprometendo a agilidade necessária para o acompanhamento em tempo real. Muitos desses elementos, por serem pequenos e numerosos, dificultavam a identificação visual clara no ambiente tridimensional. Embora a tentativa de representar fielmente cada etapa construtiva fosse tecnicamente correta, acabou comprometendo a usabilidade prática do modelo para o acompanhamento de curto prazo, que exige respostas rápidas e interpretações objetivas. Esse nível de detalhe se revelou pouco prático: o tempo médio de ajuste por pavimento foi de seis horas, e a navegação no arquivo — que chegou a 520 MB — tornou-se truncada em notebooks comuns do canteiro. Nas reuniões semanais, a engenheira residente levou em média 35 min para percorrer com a equipe o avanço das frentes, e três carpinteiros relataram confusão sobre onde iniciar a desforma.

**Figura 4:** Concretagem dos pilares do pavimento garagem 1.



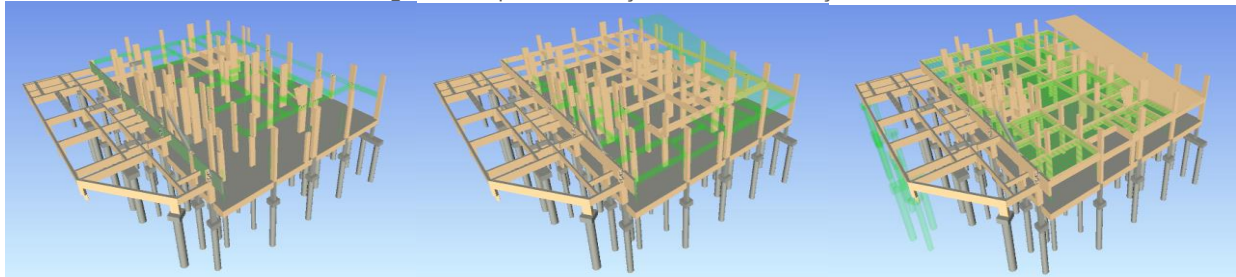
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

A partir da quinta semana adotou-se uma estratégia de simplificação: pilares, vigas e lajes passaram a ser modelados como elementos únicos por pavimento (LOD 300), mantendo-se apenas a subdivisão entre estrutura e alvenaria para fins de sequenciamento. Essa mudança reduziu o tempo de atualização para  $\approx 3,5$  h ( $-42\%$ ) e o peso do arquivo para  $\approx 320$  MB, permitindo rotação fluida mesmo em tablets. A clareza visual aumentou expressivamente; nas colagens “obra  $\times$  modelo”, apresentadas nas Figuras 2 a 5, observa-se que a leitura dos estados de execução (concluído, em execução, planejado) tornou-se quase imediata. A duração média das reuniões caiu para 20 min ( $-43\%$ ), e, segundo depoimento da engenheira, “ficou evidente onde podíamos montar escoramento sem conflito com a equipe de alvenaria”. Uma tentativa de extrair automaticamente o Percentual de Plano Concluído a partir do *Navisworks* fracassou nesse estágio, pois o script VBA não conseguia mapear de forma consistente as GUIDs dos elementos aos IDs das atividades; a métrica de desempenho continuou sendo apurada manualmente.

Ao término das treze semanas, o modelo simplificado demonstrou ser suficiente para apoiar o planejamento de curto prazo, fornecendo visualização em tempo real com esforço compatível aos recursos de obra. Os ganhos práticos — redução de tempo de modelagem, arquivos mais leves e reuniões mais objetivas —

superaram a perda de detalhe geométrico. As fotografias incorporadas às simulações também revelaram um recurso didático: operários relataram maior confiança ao comparar a imagem real do pavimento com a representação 4D durante o toolbox diário. Esses resultados reforçam a tese de que a definição do LOD deve responder às necessidades de controle, não ao desejo de precisão máxima, sobretudo quando os ciclos de tomada de decisão são curtos.

**Figura 5:** Etapas da execução conforme simulação

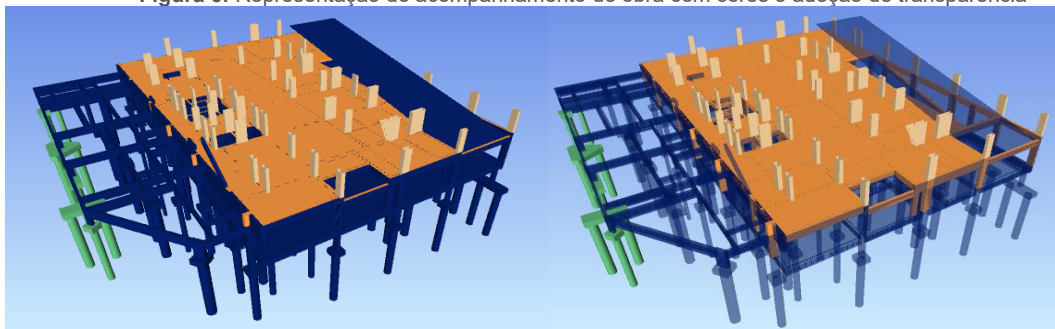


Fonte: Elaborado pelos autores no Software Navisworks (2022)

Para facilitar a interpretação visual do avanço da obra, foram utilizadas cores distintas para representar os diferentes estados de execução, conforme recomendado por Chang *et al.* (2009), sendo: azul para elementos concluídos, laranja para elementos atrasados em construção e verde para elementos atrasados em pré-construção. No entanto, conforme pode ser observado na Figura 6 (esquerda), a adoção dessa padronização cromática não se mostrou totalmente eficaz no contexto do planejamento de curto prazo. Isso porque, devido à sobreposição de elementos modelados separadamente — como fôrmas, armação e concretagem —, as cores acabam se sobrepondo visualmente, dificultando a interpretação do que está de fato concluído ou em andamento.

Uma outra alternativa foi a utilização de transparência, como apresentado na Figura 6 (direita). No entanto, a visualização ainda não é suficientemente clara, especialmente em componentes menores e agrupados. Essa limitação reforça a necessidade de avaliar não apenas o uso das cores, mas também o nível de fragmentação do modelo, que influencia diretamente na legibilidade das informações em ambiente 4D.

**Figura 6:** Representação do acompanhamento de obra com cores e adoção de transparência



Fonte: Elaborado pelos autores no Software Navisworks (2022)

Esses resultados evidenciam que, para esse tipo de aplicação, o sucesso da modelagem 4D está menos relacionado à complexidade do modelo e mais à sua capacidade de comunicar claramente o estado da obra. Modelos com nível de detalhamento moderado, porém organizados e com representação gráfica eficaz, tendem a oferecer melhor desempenho em contextos operacionais. A experiência do estudo indica que o excesso de detalhamento pode ser contraproducente, e que o LOD ideal deve equilibrar precisão técnica com legibilidade visual.

Dessa forma, o estudo gerou uma reflexão importante entre os gestores sobre o nível de LOD mais adequado para o curto prazo: um modelo mais simples, com menos componentes fragmentados, poderia tornar a visualização mais ágil e a verificação de campo mais eficiente. Embora a padronização de cores tenha sido utilizada para representar os estados de execução, essa solução mostrou-se limitada diante do alto grau de fragmentação do modelo. Como proposta de melhoria, reforça-se a adoção de padrões visuais mais simplificados, capazes de representar graficamente atividades iniciadas, mas ainda não concluídas, sem a necessidade de modelar cada etapa individualmente. Essa abordagem permitiria manter o modelo em um LOD moderado (por exemplo, LOD 300), oferecendo uma leitura visual clara, prática e compatível com as demandas do planejamento de curto prazo.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo identificar o nível de desenvolvimento (LOD) mais adequado para a modelagem 4D aplicada ao planejamento de curto prazo em obras civis, por meio de um estudo de caso em um edifício residencial-comercial. A abordagem adotada diferenciou-se do fluxo tradicional ao utilizar o BIM 4D como ferramenta de acompanhamento visual em tempo real, com atualizações baseadas na execução real da obra.

A análise demonstrou que a adoção de um modelo com alto nível de detalhamento, embora tecnicamente precisa, comprometeu a agilidade e clareza na interpretação do avanço das atividades. A tentativa de representar individualmente cada etapa construtiva (fôrmas, armaduras, concretagem) resultou em um modelo fragmentado, de difícil leitura visual, mesmo com o uso de padronização de cores e aplicação de transparência. Os resultados indicam que o LOD ideal para o planejamento 4D de curto prazo deve priorizar a simplicidade, com modelos organizados, mas não excessivamente detalhados, permitindo uma atualização ágil e uma visualização clara das frentes de trabalho. A adoção de cores-padrão para estados de execução, embora útil, deve ser aplicada com cautela em modelos muito segmentados, pois a sobreposição de elementos pode dificultar a legibilidade.

A principal contribuição deste trabalho está na demonstração de que o LOD ideal, em contextos de planejamento semanal, não deve buscar a máxima fidelidade gráfica, mas sim o equilíbrio entre clareza, agilidade e aplicabilidade prática. Um modelo mais simplificado, quando aliado a padrões visuais consistentes e treinamento básico da equipe, pode melhorar significativamente a comunicação entre planejamento e campo. O estudo demonstrou que, para planejamentos semanais, um LOD 300 bem estruturado oferece a melhor relação custo-benefício:

- Menor esforço de atualização (redução de 42% no tempo de modelagem) sem comprometer a clareza;
- Comunicação aprimorada: reuniões 4D mais curtas e objetivas (redução de 43% de duração média);
- Adoção facilitada em campo, desde que acompanhada de capacitação mínima.

Como limitações, destaca-se o foco exclusivo na etapa de superestrutura e a não aplicação em fases com maior complexidade de componentes, como instalações e acabamentos. Para pesquisas futuras, recomenda-se:

- Investigar a aplicação do planejamento 4D em outras fases da obra, especialmente em ambientes com alta fragmentação de elementos;
- Testar estratégias alternativas de representação visual, como uso de transparência, texturas ou filtros automáticos;
- Desenvolver ferramentas de integração automatizada entre cronogramas físicos (como PPC) e ambientes 4D.

Esses desdobramentos podem ampliar o uso prático da modelagem 4D em obras reais, fortalecendo sua aplicação como ferramenta de controle e tomada de decisão em campo.

## REFERÊNCIAS

- AHANKOOB, A.; KHOSHNAVA, S. M.; ROSTAMI, R.; PREECE, C. Optimizing Construction Scheduling Through Use of Building Information Modeling in Construction Industry. **Management in Construction Research Association**. Malásia, 2012.
- BAIA, D.V.S.; MIRANDA, A. C. de O.; LUKE, W. G; Uso de Ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da construção civil. **IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, 2014.
- BATTI, C. F. B; CORREA, L. A.; GIRARDI, N.; DESCHAMPS, R. R.; ARARIPE, R. T de. A. Aplicação da técnica da linha de balanço como auxílio ao planejamento e controle de um projeto de construção de um edifício um estudo de caso. **III Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, 2013.
- BIOTTO, C. N. **Método para projeto e planejamento de sistemas de produção na construção civil com uso da modelagem BIM 4D**. Porto Alegre, 2012.
- CASTRONOVO, F.; LEE, S.; NIKOLIC, D.; MESSNER, J.I. Visualization in 4D Construction Management Software: A Review of Standards and Guidelines. **International conference on computing in civil and building engineering**. Orlando, 2014.
- DOUKARI, O.; SECK, B.; GREENWOOD, D. The creation of construction schedules in 4d bim: a comparison of conventional and automated approaches. **Buildings**, 12(8), 1145. 2022. <https://doi.org/10.3390/buildings12081145>
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON K. **Manual de BIM [recurso eletrônico]: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de Filho C. et al. Editora Bookman. Porto Alegre, 2014.
- IKUABE, M. et al. Exploring the adoption of digital technology at the different phases of construction projects in South Africa. **In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**. 2020. p. 10-12.
- GOMES, L. N.; DE ALMEIDA, D.H. Impacto da ausência de compatibilização de projetos na execução de uma obra residencial. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 1, p. 11922-01-09e, 2021.
- NOICHL, F.; FORTH, K.; DE WOLF, C.; BORRMANN, A. From point cloud to material passport: automated creation of material passports of existing steel structures based on point clouds. **In: EG-ICE 2025: AI-Driven Collaboration for Sustainable and Resilient Built Environments Conference Proceedings**. University of Strathclyde, 2025.
- PREBANIĆ, K. R.; VUKOMANOVIĆ, M. Realizing the need for digital transformation of stakeholder management: a systematic review in the construction industry. **Sustainability**, 13(22), 12690. 2021. <https://doi.org/10.3390/su132212690>
- SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B.A.; OWEN, R. The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2010.
- SOUSA, O.K.; MEIRIÑO, M. J. Aspectos da implantação de ferramentas BIM em empresas de projetos relacionados à construção civil. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 2013.
- TAK, A. N.et al. BIM-based 4D mobile crane simulation and onsite operation management. **Automation in Construction**, v. 128, p. 103766, 2021.
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.
- WANG, H. J.; ZHANG, J.P.; CHAU, K.W.; ANSON M. 4D dynamic management for construction planning and resource utilization. **Automation in Construction**, 2004.