



Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceite: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026

## **Integração entre *Building Information Modeling* (BIM) e *Lean Construction*: Inovação, Eficiência e Sustentabilidade no Setor da Construção**

*Integration between Building Information Modeling (BIM) and Lean Construction: Innovation, Efficiency, and Sustainability in the Construction Sector*

**Telma Regina Stroparo** – Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro

E-mail: [telma@unicentro.br](mailto:telma@unicentro.br)

**Isabeli Franco** – Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro.

E-mail: [francoisabeli41@gmail.com](mailto:francoisabeli41@gmail.com)

**Leticia Maria Volkman Stemposki** - Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro.

E-mail: [s.v.marialeticia@gmail.com](mailto:s.v.marialeticia@gmail.com)

### **Resumo**

Com o objetivo de analisar como a integração entre o *Building Information Modeling* (BIM) e a filosofia *Lean Construction* pode fortalecer a inovação, a eficiência produtiva e a sustentabilidade no setor da construção, o artigo realiza uma revisão teórica e documental acerca das sinergias e limites dessa convergência metodológica. A análise evidencia que o BIM, ao estruturar modelos digitais integrados e colaborativos, e o *Lean Construction*, ao orientar a racionalização dos fluxos de trabalho e a eliminação de desperdícios, constituem abordagens complementares capazes de qualificar o planejamento, o controle e a execução de projetos de construção. Os resultados apontam que a adoção articulada dessas práticas contribui para maior previsibilidade de prazos e custos, redução de retrabalhos, aprimoramento da transparência e fortalecimento da gestão baseada em dados.

**Palavras-chave:** BIM; Lean Construction; Inovação; Eficiência Produtiva; Sustentabilidade; Construção Civil.

### **Abstract**

With the objective of analyzing how the integration between Building Information Modeling (BIM) and the Lean Construction philosophy can strengthen innovation, productive efficiency, and sustainability in the construction sector, this article conducts a theoretical and documentary review of the synergies and limitations of this methodological convergence. The analysis demonstrates that BIM, by structuring integrated and collaborative digital models, and Lean Construction, by guiding the rationalization of workflows and the elimination of waste, constitute complementary approaches capable of enhancing the planning, control, and execution of construction projects. The results indicate that the articulated adoption of these practices contributes to greater predictability of schedules and costs, reduction of rework, improvement of transparency, and strengthening of data-driven management.

**Keywords:** BIM; Lean Construction; Innovation; Productive Efficiency; Sustainability; Construction Industry.

### **1. Introdução**

O setor da construção civil enfrenta, historicamente, desafios estruturais relacionados à baixa produtividade, à fragmentação dos processos e aos elevados custos decorrentes de retrabalhos, desperdícios e inconsistências entre projeto e execução. Estudos pioneiros apontam que a construção opera sob um modelo produtivo marcado por variabilidade, fluxos pouco previsíveis e significativa ineficiência econômica, o que compromete tanto a qualidade quanto a competitividade das obras (Koskela, 1992; Womack, Jones e Roos, 1990). A esses fatores somam-se perdas financeiras

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

decorrentes da falta de integração metodológica, problemas de comunicação entre equipes e limitações na capacidade de prever custos e riscos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos.

Nesse cenário, o BIM apresenta-se como uma abordagem digital capaz de reconfigurar a gestão técnico-econômica dos projetos de construção. Ao integrar informações geométricas, materiais, orçamentárias e temporais em modelos digitais dinâmicos, o BIM favorece análises comparativas de custos, simulações de alternativas construtivas e maior precisão na estimativa orçamentária (Eastman et al., 2011; Succar, 2009). Essa capacidade de gerar projeções financeiras mais consistentes amplia a previsibilidade das obras, contribuindo para a redução do custo total do empreendimento ao longo de seu ciclo de vida, incluindo manutenção e operação (Azhar, 2011).

Paralelamente, a filosofia *Lean Construction* propõe a eliminação sistemática de desperdícios, o aumento do fluxo contínuo de trabalho e a confiabilidade do planejamento, com impactos diretos na redução de custos produtivos. A partir de princípios derivados do Sistema Toyota de Produção, autores clássicos enfatizam que a racionalização dos processos, a padronização e o controle colaborativo constituem elementos centrais para minimizar perdas financeiras e otimizar recursos (Ohno, 1988; Womack e Jones, 2003; Ballard e Howell, 2003). Na construção civil, essas práticas se traduzem em menor variabilidade operacional, redução de interrupções e diminuição de retrabalhos, fatores que geram economia e ampliam a eficiência global do projeto.

Nos últimos anos, a convergência entre BIM e Lean Construction tem sido alvo de inúmeros estudos, sustentados pela complementaridade entre a modelagem digital colaborativa e a gestão enxuta voltada ao desempenho econômico. Pesquisas indicam que a integração das duas abordagens contribui para otimizar custos diretos e indiretos, melhorar a gestão de riscos e ampliar a confiabilidade das decisões financeiras nos empreendimentos (Sacks et al., 2010; Dave, Koskela e Kowaltowski, 2013). A sinergia entre modelos 4D e 5D do BIM e o planejamento Lean resulta não apenas em maior precisão de prazos e orçamentos, mas também em uma governança mais sólida baseada em dados.

Ao articular inovação tecnológica, eficiência produtiva e sustentabilidade econômica, a integração BIM–Lean representa uma oportunidade para aprimorar a racionalidade financeira no setor da construção. Além de reduzir custos e mitigar riscos, essa convergência pode fortalecer a competitividade das organizações, apoiar decisões orientadas por indicadores e contribuir para um uso mais responsável dos recursos produtivos.

A partir desse panorama, a pesquisa delimita como problema central a seguinte questão: *em que medida a integração entre Building Information Modeling (BIM) e Lean Construction pode otimizar a gestão de custos na construção civil, reduzindo desperdícios, aumentando a previsibilidade orçamentária e ampliando a eficiência econômico-financeira dos empreendimentos?*

Desse modo, o objetivo geral consiste em avaliar, sob a ótica da contabilidade de custos

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

aplicada à construção, como a convergência entre tecnologias digitais de modelagem e princípios de produção enxuta contribui para o controle assertivo de custos diretos e indiretos, a mitigação de retrabalhos, a melhoria dos índices de desempenho (CPI, SPI, TCO, ROI), bem como o fortalecimento da sustentabilidade financeira dos projetos.

Neste viés, ao considerar o estado da arte sobre a integração entre BIM e Lean Construction, este artigo delimita seu foco na análise das implicações econômico-financeiras decorrentes dessa convergência metodológica.

Esta perspectiva dialoga com estudos anteriores da autora, que analisam como tecnologias digitais, especialmente a Internet das Coisas (IoT), reconfiguram práticas produtivas e ampliam a eficiência e a sustentabilidade em sistemas agrícolas e organizacionais (Stroparo, 2024a; 2024b). Essas investigações demonstram que a digitalização pode reduzir ineficiências estruturais, fortalecer processos decisórios e otimizar o uso de recursos, fundamentos que se alinham à lógica da integração BIM–Lean discutida neste artigo

## **2 Marco Teórico / Resultados**

O *National Committee for Building Information Modeling Standards* (NBIMS) nos Estados Unidos (EUA) conceitua o *Building Information Modeling (BIM)* como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como um recurso compartilhado de conhecimento, o BIM forma uma base confiável para decisões ao longo do ciclo de vida da edificação, desde a concepção até a demolição (NBIMS-US, National Institute of Building Sciences, 2021).

O BIM ou Modelagem da Informação da Construção é uma tecnologia de modelagem que utiliza softwares tridimensionais para operar em tempo real, fornecendo informações contínuas e de alta qualidade sobre um projeto de construção. Ele abrange dados de geometria, geográficos, e propriedades dos componentes construtivos, além de informações sobre escopo, cronograma e custos (Díaz et al., 2014, p. 48).

Mais especificamente, o BIM permite a criação de modelos digitais que acumulam informações detalhadas sobre o projeto, a construção e a operação das edificações Oliveira et al., 2023, p. 260. Esses modelos funcionam como uma base de dados centralizada, integrando diversas informações como dados de engenharia, cronogramas e custos, representando um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais (Silva & Santos, 2025, p. 6).

Entre os principais benefícios do BIM, pode-se mencionar: Colaboração aprimorada: Facilita o intercâmbio de ideias e reduz erros e omissões, diminuindo o desperdício de recursos, tempo e mão de obra (Gnecco et al., 2021, p. 143); Otimização do projeto: Permite a eliminação de potenciais falhas de design na fase de projeto, resultando em redução de custos e tempo (Gonzalez et al., 2024, p. 2); Visualização e análise: A visualização tridimensional e a análise avançada possibilitam a

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

identificação e resolução de problemas de design antes da execução, otimizando o projeto e melhorando a sustentabilidade (Gutiérrez & Espinosa, 2024); Sustentabilidade: Contribui para a construção sustentável ao simular o desempenho energético e permitir a seleção de materiais mais adequados, avaliando e otimizando o impacto ecológico dos projetos (Gutiérrez & Espinosa, 2024; Mattana & Librelotto, 2017); Unificação e centralização: Unifica o modelo de construção, centralizando e integrando informações em um modelo tridimensional atualizado em tempo real, proporcionando uma visão abrangente do projeto e facilitando a colaboração (Mattana & Librelotto, 2017, p. 135; Silva & Santos, 2025, p. 6).

Em suma, o BIM é uma ferramenta usada para a digitalização da indústria da construção, promovendo eficiência, colaboração e sustentabilidade ao longo de todo o ciclo de vida do projeto enquanto a Lean Construction, ou Construção Enxuta, é uma filosofia de gestão originada dos princípios de produção enxuta, com o objetivo principal de otimizar os fluxos de trabalho e eliminar desperdícios na indústria da construção (Oliveira et al., 2023).

Por outro lado, A filosofia *Lean Construction* é amplamente reconhecida como uma adaptação dos princípios da produção enxuta para o setor da construção, fundamentando-se na busca contínua pela geração de valor ao cliente e pela eliminação sistemática de desperdícios ao longo de todo o ciclo produtivo. Segundo o *Lean Construction Institute* (LCI), trata-se de “uma maneira de projetar e construir que aplica conceitos de gestão enxuta para reduzir desperdícios de materiais, tempo e esforço, com o objetivo de gerar o máximo valor possível” (*Lean Construction Institute*, 2024).

Nesta mesma linha tem-se o *International Group for Lean Construction* (IGLC) que reforça essa concepção ao afirmar que o *Lean Construction* deriva de uma orientação para o fluxo contínuo, a confiabilidade da produção e a melhoria contínua, características estruturadas inicialmente por Koskela em seu relatório seminal *Application of the New Production Philosophy to Construction* (Koskela, 1992).

No contexto brasileiro, o *Lean Construction Institute Brasil* (LCI-BR) define a abordagem como um sistema orientado à estabilidade dos processos e à entrega de valor por meio da redução de variabilidade e da integração colaborativa entre equipes (Lean Construction Institute Brasil, 2023). Assim, observa-se um alinhamento conceitual entre os principais institutos internacionais, os quais convergem para a compreensão de que o Lean Construction constitui uma filosofia gerencial baseada na confiabilidade do fluxo produtivo, na eliminação de desperdícios e na otimização dos processos construtivos.

A partir dessas bases teóricas, o Instituto Internacional da Lean Construction (IGLC) impulsionou a consolidação científica da área. Pesquisas subsequentes aprofundaram temas como planejamento colaborativo, controle da produção, variabilidade operacional e padronização de

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

processos. O desenvolvimento do *Last Planner System* foi particularmente relevante, ao demonstrar empiricamente como a gestão colaborativa de tarefas reduz incertezas e melhora a eficiência econômica das obras (Ballard e Howell, 2003). Estudos recentes indicam que a aplicação dos princípios enxutos na construção resulta em menor desperdício de materiais, redução de retrabalhos e maior previsibilidade financeira.

Os elementos centrais da filosofia Lean incluem: Fluxo Contínuo: Foco na criação de um fluxo de trabalho ininterrupto para todas as atividades do projeto, desde a concepção até a entrega (Oliveira et al., 2023); Eliminação de Desperdícios: Identificação e remoção de qualquer atividade que não agregue valor ao produto final, como retrabalho, excesso de estoque, esperas, movimentos desnecessários, entre outros (Aziz et al., 2024; Oliveira et al., 2023); Maximização do Valor: Concentração na entrega do máximo valor para o cliente com o mínimo de recursos (Aziz et al., 2024).

Em essência, a *Lean Construction* busca aprimorar a produtividade e a sustentabilidade dos projetos de construção através da otimização e da digitalização de processos Oliveira et al., 2023, p. 260. Quando integrada a outras metodologias como o BIM, a Lean Construction potencializa a gestão de projetos ao alinhar seus princípios com a capacidade técnica do BIM, resultando em maior eficiência e colaboração (Aziz et al., 2024; Oliveira et al., 2023).

No entanto, as primeiras formulações teóricas que fundamentam o BIM remontam às décadas de 1970 e 1980, quando pesquisadores começaram a explorar sistemas digitais capazes de representar edifícios de maneira integrada, superando a limitação dos desenhos bidimensionais tradicionais (Eastman, 1975). Esses esforços iniciais se fortaleceram com avanços na computação gráfica e no desenvolvimento de modelos orientados a objetos, que permitiram a associação entre geometria e atributos construtivos.

Durante os anos 1990, o conceito de modelagem da informação aplicada à construção consolidou-se com pesquisas sobre interoperabilidade e ambientes colaborativos digitais. A obra de Eastman e colaboradores tornou-se referência ao sistematizar os fundamentos tecnológicos e operacionais do BIM, ressaltando sua capacidade de integrar dados ao longo do ciclo de vida do empreendimento (Eastman et al., 2011). Simultaneamente, estudos buscaram estruturar quadros conceituais para compreender os diferentes níveis de maturidade e usos do BIM na indústria, destacando a necessidade de alinhamento entre processos, padrões e plataformas colaborativas (Succar, 2009). Essa abordagem ampliou a compreensão do BIM enquanto uma metodologia abrangente, e não apenas um software ou ferramenta gráfica.

A evolução do BIM também esteve fortemente associada a preocupações relacionadas à otimização de custos, desempenho construtivo e sustentabilidade. Pesquisas mostraram que a modelagem digital integrada permite aprimorar estimativas orçamentárias, reduzir inconsistências



**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

entre projeto e execução e antecipar impactos financeiros de diferentes soluções construtivas (Azhar, 2011). Assim, o BIM consolidou-se como uma abordagem estratégica que, além de melhorar a comunicação interdisciplinar, fornece suporte decisório baseado em dados precisos e atualizáveis.

## **2.1 Convergência conceitual entre BIM e Lean Construction: bases para integração**

A aproximação entre BIM e Lean Construction se fortaleceu a partir dos anos 2000, quando pesquisadores começaram a explorar sinergias entre modelagem digital, colaboração interdisciplinar e racionalização dos processos produtivos. Estudos evidenciam que o BIM fornece suporte informacional e tecnológico às práticas Lean, ao permitir visualizações precisas, detecção antecipada de interferências, simulações de cronogramas e estimativas financeiras (Sacks et al., 2010). Por outro lado, a filosofia Lean orienta o uso do BIM para fins de otimização econômica, redução de desperdícios e valorização do fluxo contínuo de trabalho.

Pesquisas integradoras apontam que a combinação BIM–Lean contribui para a criação de sistemas de gestão mais eficientes, com impactos significativos na produtividade, na qualidade e no desempenho financeiro dos empreendimentos. A literatura destaca que essa convergência metodológica oferece vantagens como maior confiabilidade do planejamento, redução de variações, aprimoramento do controle de custos e fortalecimento de decisões baseadas em dados (Dave, Koskela e Kowaltowski, 2013). Assim, a integração entre BIM e Lean Construction é reconhecida como uma estratégia contemporânea fundamental para a construção de modelos produtivos inovadores, sustentáveis e economicamente mais robustos.

## **2.2 Efeitos Econômico-Financeiros e Sustentabilidade da Integração BIM–Lean**

A integração entre BIM e Lean Construction tem sido reconhecida na literatura como uma estratégia capaz de gerar transformações profundas no desempenho econômico, ambiental e operacional dos empreendimentos de construção. Esses impactos decorrem da convergência entre a capacidade informacional e preditiva do BIM e a racionalidade processual da filosofia Lean, que enfatiza a eliminação de desperdícios, a melhoria contínua e a geração de valor (Koskela, 1992; Ohno, 1988; Womack e Jones, 2003).

Diversos estudos indicam que a aplicação integrada de BIM e Lean contribui de maneira significativa para a redução de custos diretos — como materiais, mão de obra e horas técnicas — e de custos indiretos, relacionados a atrasos, retrabalhos, interferências e falhas de planejamento. A capacidade do BIM de realizar detecção antecipada de conflitos e simulações 4D e 5D permite prever cenários financeiros e evitar incompatibilidades que, quando não identificadas, resultam em acréscimos orçamentários expressivos (Eastman et al., 2011; Azhar, 2011). Simultaneamente, os princípios Lean reduzem variabilidade e interrupções no fluxo de produção, o que diminui perdas financeiras associadas a tempo ocioso, estoques desnecessários e retrabalho (Ballard e Howell, 2003).

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

Pesquisas recentes propõem frameworks integradores que articulam BIM, Lean Construction e sustentabilidade como dimensões interdependentes. Mellado e Lou (2020) defendem que o alinhamento entre essas abordagens permite ganhos simultâneos em desempenho produtivo, eficiência energética e redução de impactos ambientais. De forma semelhante, Yang et al. (2025) argumentam que a integração metodológica assume papel estratégico na transição para ambientes construídos sustentáveis, sobretudo quando incorporada a indicadores objetivos de valor, fluxo e impacto ambiental.

Estudos empíricos reportam reduções de custos que variam entre 10% e 25% quando práticas digitais colaborativas e processos enxutos são utilizados de forma articulada, especialmente em empreendimentos complexos. Essas economias derivam da ampliação da produtividade, da melhoria na confiabilidade do planejamento e da capacidade de monitorar custos em tempo real.

A integração BIM–Lean fortalece a previsibilidade financeira dos projetos ao aprimorar a qualidade das informações, reduzir incertezas e viabilizar a avaliação antecipada de alternativas construtivas. A modelagem digital permite estimativas mais precisas de custos, consumo de materiais, impactos do cronograma e projeções de manutenção, possibilitando análises de custo total do ciclo de vida (LCC). Ao complementar essas capacidades com princípios Lean, o processo de planejamento torna-se mais participativo, disciplinado e confiável, reduzindo variações que comumente comprometem o orçamento (Sacks et al., 2010).

Essa previsibilidade é essencial não apenas para a gestão financeira, mas também para a competitividade organizacional. Pesquisas evidenciam que sistemas integrados capazes de alinhar planejamento, custos e produção permitem decisões baseadas em dados robustos, aumentando a eficácia das escolhas de materiais, métodos executivos e sequenciamento de atividades (Dave, Koskela e Kowaltowski, 2013).

A adoção de práticas BIM–Lean reduz riscos relacionados a atrasos, aditivos contratuais, falhas de execução e superaquecimento orçamentário, fortalecendo a sustentabilidade econômica dos empreendimentos. A ênfase Lean na estabilidade dos fluxos e na confiabilidade das tarefas permite minimizar a probabilidade de interrupções imprevistas, ao passo que o BIM fornece uma base informacional integrada para o monitoramento contínuo de riscos financeiros e operacionais.

Esse alinhamento contribui para a sustentabilidade econômica no médio e longo prazo, uma vez que empreendimento mais previsíveis e eficientes demandam menores custos de manutenção corretiva, apresentam menos perdas de desempenho e elevam a vida útil dos sistemas construtivos.

### **2.3 Sustentabilidade ambiental: redução de resíduos e otimização de recursos**

A dimensão ambiental também é favorecida pela integração BIM–Lean. A literatura aponta que a construção civil é um dos setores que mais gera resíduos sólidos e consome grandes volumes de recursos naturais. A racionalização dos processos Lean contribui para a redução desses resíduos

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

ao eliminar desperdícios, evitar atividades desnecessárias e otimizar fluxos de trabalho (Womack e Jones, 2003). O BIM, por sua vez, viabiliza simulações de desempenho energético, cálculos precisos de quantidades de materiais e planejamento estratégico de logística, evitando excedentes e minimizando impactos ambientais (Succar, 2009).

Essa abordagem combinada apoia práticas de construção mais sustentáveis, alinhadas a tendências de modernização ecológica e de responsabilidade ambiental no setor, ao reduzir o volume de recursos empregados, melhorar a eficiência energética e diminuir emissões associadas à produção e ao transporte de materiais.

Embora o foco principal deste estudo esteja na dimensão econômico-financeira, a integração BIM–Lean possui desdobramentos sociais e de governança, ao promover maior transparência, rastreabilidade e colaboração entre equipes. A gestão integrada baseada em dados aumenta a confiança entre agentes envolvidos e reduz conflitos contratuais, fortalecendo redes de cooperação e promovendo ambientes organizacionais mais eficientes e sustentáveis.

A discussão sobre sustentabilidade e inovação sociotécnica também encontra suporte na produção científica da autora, que explora as inter-relações entre imaginários sociotécnicos, inovação aberta e autonomia socioambiental em territórios rurais (Stroparo, 2025a; Stroparo; Floriani, 2025). Esses estudos destacam que a transformação tecnológica em cadeias produtivas depende de condições sociopolíticas, culturais e organizacionais que moldam a adoção de práticas sustentáveis — aspecto convergente com a integração BIM–Lean–Sustentabilidade apresentada neste estudo.

### 3. Material e Método

A pesquisa adota o delineamento de uma *scoping review* que trata-se de abordagem metodológica reconhecida por sua capacidade de mapear conceitos, identificar tendências e sintetizar o estado da arte em campos complexos e multifacetados.

A fundamentação metodológica segue as orientações propostas por Arksey e O'Malley, que estabeleceram a *scoping review* como um instrumento apto a explorar temas amplos e pouco consolidados, oferecendo visão panorâmica das evidências disponíveis (Arksey; O'Malley, 2005).

Além disso, o estudo incorpora aprimoramentos metodológicos sugeridos por Levac, Colquhoun e O'Brien, que defendem maior clareza na formulação do propósito da revisão, rigor na seleção das evidências e reflexividade no processo de síntese (Levac; Colquhoun; O'Brien, 2010). Também foram consideradas diretrizes contemporâneas propostas no *JBIM Manual for Evidence Synthesis*, que reforçam o uso da *scoping review* para estruturar mapeamentos conceituais em áreas emergentes (Peters et al., 2020).

Desta forma, o processo investigativo baseou-se na identificação, seleção e análise de estudos sobre BIM, Lean Construction e suas interfaces, com ênfase nos impactos econômico-



Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026

financeiros e nas contribuições para a sustentabilidade.

A busca foi realizada em bases de dados de relevância internacional e utilizou descritores associados à modelagem da informação, produção enxuta, integração BIM–Lean, eficiência de custos e sustentabilidade na construção.

A seleção da literatura incorporou obras fundadoras, como os estudos de Koskela, que propuseram a formulação da filosofia da produção enxuta aplicada à construção (Koskela, 1992), bem como os trabalhos de Ohno, que consolidaram os princípios do Sistema Toyota de Produção (Ohno, 1988) e as análises de Womack e Jones, que investigaram a lógica da produção enxuta no contexto industrial (Womack; Jones, 2003).

No campo da modelagem da informação, foram incluídas referências clássicas de Eastman e colaboradores, que sistematizaram os fundamentos do BIM e suas aplicações ao longo do ciclo de vida do empreendimento (Eastman et al., 2011), e contribuições como as de Succar, que estruturaram quadros conceituais de maturidade e usos da modelagem digital (Succar, 2009). Para explorar a convergência entre BIM e Lean, foram mobilizados estudos que analisam a interação dessas abordagens, especialmente as pesquisas de Sacks e de Dave, Koskela e Kowaltowski, que demonstram empiricamente os ganhos de produtividade, redução de custos e benefícios organizacionais decorrentes da integração (Sacks et al., 2010; Dave; Koskela; Kowaltowski, 2013). Por se tratar de um estudo exclusivamente teórico, a pesquisa não envolve coleta de dados empíricos nem requer apreciação por comitê de ética.

#### 4. Resultados e Discussão

A literatura analisada demonstra que a integração entre BIM e *Lean Construction* constitui uma convergência metodológica capaz de reconfigurar práticas tradicionais do setor da construção, especialmente no que se refere à eficiência econômica, à redução de desperdícios e ao fortalecimento da sustentabilidade. Essa convergência decorre da relação estruturada entre tecnologias digitais, que fornecem suporte informacional, e princípios de gestão orientados à eliminação de perdas e ao fluxo contínuo de produção. Pesquisas apontam de forma consistente que o BIM confere precisão, previsibilidade e confiabilidade às informações de projeto, enquanto o Lean contribui para disciplinar processos, reduzir variabilidade e estabilizar o ambiente produtivo (Sacks et al., 2010; Dave; Koskela; Kowaltowski, 2013).

Do ponto de vista econômico-financeiro, há evidências de que a adoção integrada de BIM e Lean promove reduções relevantes nos custos diretos e indiretos das obras. Modelos paramétricos e simulações em múltiplas dimensões permitem antecipar interferências e inconsistências, evitando retrabalhos e minimizando acréscimos orçamentários. Ao mesmo tempo, a racionalização dos fluxos de trabalho proposta pelo Lean reduz o tempo ocioso, diminui estoques e evita interrupções

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceite: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

improdutivas, fatores que representam perdas financeiras significativas quando não controlados (Ballard; Howell, 2003; Eastman et al., 2011).

Estudos empíricos demonstram reduções de custos superiores a 20% em empreendimentos que adotaram práticas integradas, indicando que a digitalização alinhada à produção enxuta consolida processos mais confiáveis e menos suscetíveis a desvios.

Em consonância com pesquisas anteriores da autora sobre gestão de custos, tecnologias emergentes e inovações aplicadas a sistemas produtivos (Stroparo; Araújo; Bortolotti; Lacerda Junior, 2024), a literatura revisada indica que a integração entre BIM e Lean pode promover ganhos expressivos em eficiência financeira, previsibilidade orçamentária e sustentabilidade econômica. Estudos conduzidos pela autora também demonstram que processos digitais tendem a reduzir assimetrias informacionais e ampliar o controle de perdas e desperdícios, o que reforça o potencial transformador da integração metodológica discutida neste artigo.

Além desses aspectos, pesquisas recentes têm enfatizado a importância dos indicadores de desempenho na viabilização e no monitoramento da integração BIM–Lean.

Indicadores como ROI (*Return on Investment*), TCO (*Total Cost of Ownership*), CPI (*Cost Performance Index*), SPI (*Schedule Performance Index*) e índices de variabilidade do fluxo produtivo têm sido empregados para avaliar a eficiência e a sustentabilidade financeira dos empreendimentos.

Estudos internacionais sugerem que a utilização sistemática desses indicadores possibilita não apenas mensurar ganhos econômicos, mas também prever riscos, estimar impactos no ciclo de vida da edificação e apoiar decisões estratégicas baseadas em evidências (Formoso et al., 2011; Frandson; Bergström; Tommelein, 2013).

A literatura reforça que a integração dessas métricas com ambientes digitais BIM fortalece a governança dos projetos, pois permite rastrear custos, produtividade e desempenho em tempo real, ampliando a capacidade de resposta organizacional.

Outro ponto relevante refere-se à sustentabilidade ambiental, frequentemente destacada como um dos principais benefícios da convergência BIM–Lean. A filosofia Lean, ao direcionar esforços para a eliminação sistemática de desperdícios, contribui diretamente para a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados, para o menor consumo de materiais e para a otimização do uso de recursos naturais ao longo da obra.

O BIM, por sua vez, permite análises comparativas de materiais, simulações energéticas e projeções de desempenho ambiental, favorecendo a adoção de soluções construtivas mais sustentáveis. Estudos mostram que a integração dessas abordagens contribui para práticas alinhadas ao *design for sustainability*, permitindo decisões embasadas em dados, reduzindo a pegada de carbono e ampliando a eficiência energética dos empreendimentos (Azhar; Carlton; Olsen; Ahmad, 2011; Wong; Zhou, 2015)

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

Pesquisas similares reforçam essa perspectiva. Estudos conduzidos por Nahangi e colaboradores demonstraram que modelos BIM integrados a práticas Lean resultam em redução de resíduos e aumento da eficiência energética em projetos residenciais e comerciais. Outras pesquisas, como as de Marzouk e Azab, indicam que o uso de simulações ambientais em BIM combinado com estratégias Lean contribui para a diminuição de impactos ambientais ao longo das etapas de construção e operação. Esses achados sugerem que a integração metodológica não apenas otimiza custos, mas também viabiliza processos mais consonantes com a neutralidade de carbono, a economia circular e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A literatura também revela expansão significativa de estudos que utilizam BIM como ferramenta para aprimorar a circularidade no setor da construção. Karanafti et al. (2024) demonstram que modelos digitais podem apoiar a gestão de resíduos de construção e demolição, contribuindo para práticas de economia circular. McNeil-Ayuk e Jrade (2024) reforçam essa tendência ao propor um modelo integrado BIM + Economia Circular para otimizar processos de deconstrução, destacando ganhos ambientais e econômicos.

Além disso, a literatura destaca que os benefícios da integração BIM–Lean ultrapassam dimensões técnicas e financeiras, envolvendo aspectos sociais e de governança. Modelos digitais compartilhados favorecem a transparência, reduzem a assimetria de informações e fortalecem a colaboração entre equipes multidisciplinares, enquanto os princípios Lean ampliam a confiabilidade das tarefas e fomentam ciclos de melhoria contínua. Esses elementos, combinados, promovem ambientes de trabalho mais estáveis, colaborativos e orientados a resultados, o que impacta positivamente na gestão dos projetos e na competitividade organizacional (Womack; Jones, 2003; Sacks et al., 2010).

A despeito dos avanços, persistem desafios significativos para a implementação integrada dessas práticas. A resistência cultural, os custos iniciais de adoção de tecnologias digitais, a carência de capacitação técnica e a fragmentação estrutural da indústria continuam sendo apontados como barreiras à transformação produtiva. A literatura indica que a adoção isolada dessas metodologias tende a apresentar resultados limitados, reforçando que a verdadeira inovação emerge quando BIM e Lean são incorporados de forma articulada e estratégica, envolvendo mudanças tecnológicas e organizacionais simultâneas (Koskela, 1992; Dave; Koskela; Kowaltowski, 2013).

Em síntese, a discussão evidencia que a integração BIM–Lean possui potencial significativo para aprimorar a eficiência econômica, reduzir impactos ambientais, fortalecer processos de governança e promover inovação no setor da construção. Pesquisas nacionais e internacionais demonstram que essa convergência metodológica se insere em um movimento mais amplo de modernização da indústria, orientado por práticas sustentáveis e decisões baseadas em dados. A consolidação desse processo, entretanto, depende da superação de barreiras estruturais e da

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

implementação de estratégias contínuas de capacitação, padronização e integração tecnológica.

Estudos recentes reforçam que os avanços na integração entre BIM e sustentabilidade têm ampliado significativamente a capacidade analítica dos modelos digitais, permitindo simulações energéticas, avaliações de ciclo de vida e comparações automatizadas de alternativas construtivas. Uma revisão abrangente conduzida por Akbari et al. (2024) identifica que, embora o BIM já seja amplamente utilizado para avaliações ambientais, ainda persistem lacunas importantes relacionadas à interoperabilidade, à padronização dos indicadores e à integração com metodologias Lean. Os autores destacam que o futuro da construção sustentável dependerá da convergência entre BIM, Lean e ferramentas de economia circular, formando ecossistemas digitais capazes de orientar decisões desde a concepção até a operação.

No contexto brasileiro, estudos indicam que a adoção do BIM tem gerado impactos positivos tanto na sustentabilidade quanto na eficiência das obras públicas. Gnecco, Mattana e Fossati (2021) evidenciam reduções significativas no volume de resíduos em canteiros ao aplicar processos BIM. Santos et al. (2021) destacam que, apesar do avanço, a implementação do BIM no Brasil ainda enfrenta desafios institucionais, sobretudo no setor público.

Para aprofundar a compreensão sobre as contribuições teóricas e empíricas que sustentam o campo da integração BIM–Lean–Sustentabilidade, elaborou-se um quadro comparativo com os principais estudos identificados na revisão de escopo, conforme apresentado no Quadro 1. Ele sintetiza métodos, objetivos, achados e lacunas, permitindo visualizar as convergências analíticas e os desafios que ainda persistem na literatura.

**Quadro 1 – Síntese dos principais estudos sobre BIM, Lean Construction e Sustentabilidade**

<b>Autores / Ano</b>	<b>Método</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Principais Achados</b>	<b>Contribuição Teórica</b>	<b>Lacunas Identificadas</b>
Akbari et al. (2024)	Revisão sistemática	Mapear BIM + Sustentabilidade	Identifica lacunas, tendências e desafios de interoperabilidade	Atualiza o estado da arte integrando sustentabilidade	Integração com Lean ainda limitada
Andújar-Montoya et al. (2019)	Revisão de literatura	Analisar interações BIM–Lean	Evidencia sinergias estruturais entre BIM e Lean	Primeiro panorama consolidado da integração	Poucos estudos empíricos robustos
Aziz et al. (2024)	Estudo aplicado	Avaliar BIM como ferramenta Lean na fase de projeto	BIM reduz desperdícios e melhora coordenação	Mostra integração direta BIM–Lean no design	Não inclui métricas econômicas
Daoud et al. (2025)	PLS-SEM	Avaliar benefícios do BIM na construção sustentável	BIM melhora sustentabilidade operacional e de projeto	Forte contribuição quantitativa	Não aborda Lean
Díaz, Sánchez & Guerra (2014)	Estudo teórico-aplicado	Estruturar fundamentos Lean na construção	Define práticas Lean aplicáveis ao contexto latino-americano	Avança fundamentos Lean para a construção	Não inclui BIM
Gnecco et al. (2021)	Estudo de caso	Redução de resíduos em obras públicas com BIM	Redução significativa de RCC	Mostra aplicação BIM no contexto brasileiro	Abrangência limitada a obras públicas
Gonzalez et al. (2024)	Estudo experiment	Integrar BIM e Kanban	Kanban digital melhora fluxo de produção	Metodologia disruptiva de	Pouca validação

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceite: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

	al			gestão	empírica
Gutiérrez & Espinosa (2024)	Análise bibliométrica	Mapear estrutura temática de BIM + sustentabilidade	Identifica núcleos temáticos emergentes	Contribui para pesquisa futura	Não foca em Lean
Karanafti et al. (2024)	Revisão + Aplicações	BIM na gestão de resíduos e circularidade	BIM reduz resíduos de C&D	Avanço na economia circular aplicada	Sem integração explícita Lean
Marzouk & Azab (2016)	Modelagem ambiental	BIM + Lean para eficiência ambiental	Reduz impactos ambientais e melhora eficiência	Integra sustentabilidade e produção enxuta	Amostra limitada
Mattana & Librelotto (2017)	Estudo nacional	Avaliar BIM na sustentabilidade econômica	BIM reduz custos no ciclo de vida	Contribuição brasileira ao tema	Não discute Lean
McNeil-Ayuk & Jrade (2024)	Modelo integrado	BIM + Economia Circular	Otimiza deconstrução, reduz impactos	Contribui ao debate sobre circularidade	Falta integração BIM-Lean
Mehran, Poirier & Forgues (2022)	Estudo teórico	BIM + Lean para geração de valor	Integra informação e fluxo	Avança discussão sobre valor	Pouca aplicação prática
Mellado & Lou (2020)	Framewor k	BIM + Lean + Sustentabilidade	Propõem integração total das abordagens	Marco conceitual moderno	Necessita validação empírica
Mota et al. (2019)	Estudo aplicado	Avaliar BIM em sistemas de produção	Redução de variabilidade e falhas	Demonstra desafios reais	Falta relação explícita com indicadores
Oliveira, Silva & Amaral (2023)	Estudo conceitual	Relações BIM-Lean no Brasil	Mapeia interações conceituais	Relevante para contexto nacional	Faltam aplicações práticas
Paula et al. (2017)	Mapeamento sistemático	BIM para compatibilização	Redução de conflitos e retrabalhos	Fortalece adoção BIM no Brasil	Não aborda Lean
Santos et al. (2021)	Estudo comparativo	Comparar BIM entre Brasil e UK	Brasil avança, mas enfrenta barreiras institucionais	Ampla visão internacional	Não analisa Lean
Schamne et al. (2022)	Revisão	BIM para RCC	Mostra BIM automatizando gestão de resíduos	Contribui ao debate brasileiro	Sem Lean
Silva & Santos (2025)	Revisão	Tendências BIM	Define megatendências BIM no Brasil	Relevante para inovação digital	Não integra sustentabilidade
Yang et al. (2025)	Revisão sistemática	BIM-Lean-Sustentabilidade	Identifica caminhos futuros integrados	Uma das revisões mais modernas	Sugere maior pesquisa em indicadores

**Fonte:** Elaborado pela autora, com base em Akbari et al. (2024); Andújar-Montoya et al. (2019); Aziz et al. (2024); Daoud et al. (2025); Díaz, Sánchez e Guerra (2014); Gnecco, Mattana e Fossati (2021); Gonzalez et al. (2024); Gutiérrez e Espinosa (2024); Karanafti et al. (2024); Marzouk e Azab (2016); Mattana e Librelotto (2017); McNeil-Ayuk e Jrade (2024); Mehran, Poirier e Forgues (2022); Mellado e Lou (2020); Mota et al. (2019); Oliveira, Silva e Amaral (2023); Paula et al. (2017); Santos et al. (2021); Schamne, Nagalli e Soeiro (2022); Silva e Santos (2025); Yang et al. (2025).

O Quadro 1 sintetiza os principais estudos identificados na scoping review acerca da integração entre BIM, Lean Construction e sustentabilidade, permitindo visualizar, de maneira sistematizada, a evolução conceitual e metodológica desse campo de investigação. A análise comparativa evidencia que a literatura apresenta forte heterogeneidade quanto aos métodos empregados — variando entre revisões sistemáticas, estudos de caso, modelagens ambientais, análises bibliométricas e aplicações experimentais, o que demonstra a multidimensionalidade do tema



**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**  
e sua crescente complexificação teórica.

Observa-se que parte significativa dos estudos se concentra na identificação de sinergias entre BIM e Lean, destacando ganhos associados à redução de desperdícios, aprimoramento da coordenação de projetos, mitigação de retrabalhos e estabilidade dos fluxos de produção. No entanto, apesar desses avanços, permanece limitada a quantidade de pesquisas que integram simultaneamente indicadores econômicos, métricas de sustentabilidade e análises de ciclo de vida, o que reflete lacunas ainda pouco exploradas no campo. Da mesma forma, estudos que articulam BIM, Lean e economia circular — embora emergentes — ainda carecem de maior robustez empírica, especialmente no contexto latino-americano.

O quadro também evidencia que, enquanto alguns trabalhos avançam no desenvolvimento de frameworks integradores, outros se concentram na aplicação de ferramentas digitais para problemas específicos, como compatibilização geométrica, redução de resíduos da construção e identificação de interferências. Em termos de contribuições teóricas, verifica-se uma convergência no reconhecimento de que a integração entre BIM e Lean tem potencial para reconfigurar práticas produtivas e promover ganhos expressivos de eficiência, tanto operacional quanto econômico-financeira.

Por outro lado, lacunas recorrentes incluem a ausência de validação empírica em larga escala, a falta de padronização de indicadores, a escassez de estudos que explorem o impacto econômico de forma quantificada e a limitada investigação sobre barreiras institucionais e culturais na adoção integrada dessas abordagens. Nesse sentido, o conjunto dos estudos sintetizados no quadro evidencia a necessidade de agendas de pesquisa que aprofundem, de forma sistêmica, as interfaces entre tecnologia, gestão, sustentabilidade e custos, consolidando bases mais robustas para a transformação digital da construção civil.

O Quadro de Indicadores, a seguir, apresenta um conjunto de métricas amplamente utilizadas na literatura para avaliar o desempenho econômico, operacional e sustentável de empreendimentos que adotam práticas integradas de BIM e *Lean Construction*. Esses indicadores permitem quantificar, de forma objetiva, os impactos da digitalização e da produção enxuta sobre custos, prazos, eficiência energética, geração de resíduos e estabilidade dos fluxos produtivos, constituindo-se como instrumentos essenciais para a tomada de decisão baseada em evidências. A sistematização desses parâmetros evidencia que o uso articulado de BIM e Lean potencializa a capacidade de monitoramento em tempo real, aprimora a previsibilidade de desempenho e contribui para uma gestão mais racional dos recursos ao longo do ciclo de vida da edificação. Assim, o quadro a seguir não apenas organiza os principais indicadores recorrentes na literatura, mas também demonstra como cada um deles pode ser operacionalizado dentro de ambientes digitais e metodológicos distintos, reforçando sua relevância para análises econômico-financeiras e para a sustentabilidade no setor da

Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceite: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026  
construção.

## Quadro 2 – Indicadores Financeiros e Operacionais para Avaliação do Desempenho Econômico na Integração BIM–Lean

Indicador	Descrição	Aplicação BIM	Aplicação Lean	Relevância para Sustentabilidade
ROI – Return on Investment	Mede retorno financeiro do investimento	BIM gera modelos para prever custos ao longo do ciclo de vida	Lean reduz desperdícios, aumentando lucro operacional	Avalia viabilidade de soluções sustentáveis
TCO – Total Cost of Ownership	Custo total do ciclo de vida	BIM permite simulações de manutenção e operação	Lean evita retrabalhos que aumentam o ciclo de vida	Incentiva materiais de maior durabilidade
CPI – Cost Performance Index	Desempenho de custos real $\times$ planejado	BIM atualiza custos em tempo real	Lean reduz desvios	Evita superconsumo de materiais
SPI – Schedule Performance Index	Desempenho de cronograma	BIM atualiza cronogramas 4D	Lean aumenta confiabilidade do planejamento	Reduz desperdícios de tempo/energia
TVF – Taxa de Variabilidade do Fluxo	Mede estabilidade do fluxo produtivo	BIM simula sequências construtivas	Lean estabiliza ritmo de produção (Takt Time)	Fluxo estável reduz emissões
RNC – Retrabalho Não Conforme	Mede erros e incompatibilidades	BIM reduz conflitos geométricos	Lean reduz falhas processuais	Menos retrabalho = menor impacto ambiental
EVE – Eficiência de Valor Entregue	% de atividades que agregam valor	BIM identifica atividades não produtivas	Lean elimina etapas sem valor	Reduz consumo inútil de recursos
Índice de Resíduos (RCC/kg/m <sup>2</sup> )	Quantidade de resíduos gerados	BIM quantifica materiais	Lean minimiza excessos	Relação direta com sustentabilidade ambiental

**Fonte:** Elaborado pela autora, com base em Sacks et al. (2010); Marzouk e Azab (2016); Akbari et al. (2024); Wong e Zhou (2015); Karanafti et al. (2024); McNeil-Ayuk e Jrade (2024); Mattana e Librelotto (2017); Daoud et al. (2025); Santos et al. (2021); Mellado e Lou (2020); Andújar-Montoya et al. (2019); Díaz, Sánchez e Guerra (2014).

O quadro apresentado organiza um conjunto de indicadores essenciais para a avaliação econômico-financeira de projetos que adotam a integração entre BIM e Lean Construction. Tais métricas permitem monitorar, de maneira sistemática, o comportamento dos custos diretos e indiretos, a previsibilidade orçamentária, a eficiência do fluxo produtivo e o desempenho econômico ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Indicadores como ROI, TCO, CPI e SPI possibilitam mensurar retornos, identificar desvios de custo e cronograma, além de estimar impactos financeiros decorrentes de retrabalhos, ociosidades e variabilidade produtiva — fatores amplamente discutidos na literatura como determinantes para a rentabilidade do projeto. Ao associar a precisão informacional viabilizada pelo BIM à racionalidade produtiva do Lean, esses indicadores tornam-se instrumentos centrais para decisões financeiras orientadas por evidências, contribuindo para maior transparência na alocação de recursos, otimização de investimentos e sustentabilidade financeira das obras. Assim, o quadro sintetiza ferramentas analíticas indispensáveis para estudos que priorizam o controle de custos e a competitividade econômica no setor da construção.

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

Além dos aspectos econômicos e operacionais, a literatura evidencia que a integração entre BIM e *Lean Construction* exerce impactos significativos nas diversas dimensões da sustentabilidade, abrangendo desde a redução de resíduos até melhorias na eficiência energética e na governança dos processos construtivos.

A sistematização desses efeitos, apresentada no Quadro 3, demonstra como cada abordagem, de maneira complementar, contribui para práticas construtivas ambientalmente responsáveis, economicamente viáveis e alinhadas à economia circular. O quadro organiza essas interações segundo dimensões sustentáveis amplamente discutidas em estudos recentes, permitindo visualizar como o BIM oferece suporte analítico e informacional enquanto o Lean operacionaliza a eliminação de desperdícios e a racionalização produtiva. As evidências empíricas e teóricas listadas reforçam que a convergência entre ambas as metodologias fortalece a capacidade do setor de avançar rumo a modelos mais eficientes, de baixo impacto ambiental e orientados por dados.

**Quadro 3 – Convergências entre BIM e Lean Construction nas Dimensões da Sustentabilidade**

Dimensão Sustentável	Contribuição do BIM	Contribuição do Lean	Evidências da Literatura
Redução de Resíduos	Modelos 5D e quantificação precisa de materiais	Eliminação de desperdícios	Karanafti et al. (2024); Schamne et al. (2022); Marzouk & Azab (2016)
Eficiência Energética	Simulações termoenergéticas e análise de desempenho	Fluxos estáveis reduzem desperdícios energéticos	Akbari et al. (2024); Wong & Zhou (2015)
Economia Circular	Modelagem para deconstrução e reutilização	Processos enxutos reduzem geração de resíduos	McNeil-Ayuk & Jrade (2024)
Sustentabilidade Econômica	Avaliação de custos no ciclo de vida	Redução de retrabalhos e prazos	Mattana & Librelotto (2017); Daoud et al. (2025)
Governança e Transparência	Modelos colaborativos compartilhados	Planejamento confiável e participação	Santos et al. (2021); Mellado & Lou (2020)
Emissões de CO <sub>2</sub>	BIM calcula impactos de materiais	Lean evita atividades desnecessárias	Akbari et al. (2024)
Qualidade Construtiva	BIM reduz erros de compatibilização	Lean aumenta padronização e confiabilidade	Andújar-Montoya et al. (2019); Díaz et al. (2014)

**Fonte:** Elaborado pelas autoras, com base em Karanafti et al. (2024); Schamne, Nagalli e Soeiro (2022); Marzouk e Azab (2016); Akbari et al. (2024); Wong e Zhou (2015); McNeil-Ayuk e Jrade (2024); Mattana e Librelotto (2017); Daoud et al. (2025); Santos et al. (2021); Mellado e Lou (2020); Andújar-Montoya et al. (2019); Díaz, Sánchez e Guerra (2014).

O quadro sistematiza as principais dimensões da sustentabilidade impactadas pela integração entre BIM e Lean Construction, evidenciando como cada abordagem contribui, de maneira complementar, para práticas construtivas mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Observa-se que o BIM desempenha papel central na geração, análise e simulação de informações, permitindo quantificar materiais, estimar emissões, avaliar desempenho energético e modelar cenários de deconstrução e reutilização.

Já, por outro lado, a filosofia Lean fornece os princípios operacionais necessários para transformar tais análises em ações concretas, eliminando desperdícios, estabilizando fluxos produtivos, reduzindo retrabalhos e incentivando processos que agregam valor ao longo do ciclo de

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

vida da obra. A literatura analisada reforça que essa convergência metodológica potencializa resultados em múltiplas frentes: reduz resíduos sólidos de construção e demolição, amplia a eficiência energética, favorece práticas de economia circular, melhora indicadores de sustentabilidade econômica e aumenta a transparência e a governança dos projetos por meio de modelos colaborativos. Além disso, estudos empíricos demonstram que a integração BIM–Lean contribui diretamente para a diminuição da pegada de carbono e para a elevação da qualidade construtiva, ao mitigar erros de compatibilização e elevar a confiabilidade das etapas produtivas. Dessa forma, o quadro sintetiza como a articulação entre tecnologia digital e produção enxuta constitui um caminho promissor para avançar a agenda de sustentabilidade no setor da construção.

O Quadro 4, a seguir, sintetiza as contribuições específicas do BIM e da filosofia Lean Construction em diferentes dimensões analíticas relevantes para o setor da construção. Essa organização comparativa permite visualizar com clareza como cada abordagem atua de maneira complementar no aprimoramento dos processos produtivos, da gestão de informações e da eficiência operacional, constituindo uma base conceitual sólida para compreender a integração metodológica entre ambas. Ao estruturar as dimensões de análise em paralelo, a tabela facilita a identificação das potencialidades individuais e sinergias possíveis entre BIM e Lean, contribuindo para uma avaliação mais abrangente das implicações econômicas, técnicas e gerenciais dessa convergência.

**Quadro 4 – Contribuições do BIM e do Lean Construction nas Principais Dimensões de Análise da Construção**

<b>Dimensão de Análise</b>	<b>BIM – Building Information Modeling</b>	<b>Lean Construction</b>
<b>Definição oficial</b>	Representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação, funcionando como um recurso compartilhado de informação para decisões ao longo do ciclo de vida (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2021).	Filosofia de gestão orientada à eliminação de desperdícios, maximização do valor e estabilização do fluxo produtivo, aplicada ao processo de construção (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE, 2024; LCI-BR, 2023).
<b>Natureza</b>	Tecnologia + processos de gerenciamento de informações.	Filosofia de produção + sistema de gestão.
<b>Origem conceitual</b>	Evolução dos sistemas CAD e necessidade de interoperabilidade e gestão integrada do ciclo de vida; consolidado por NBIMS-US e ISO 19650.	Baseado na produção enxuta (Toyota Production System), adaptado ao setor da construção por Koskela (1992) e institucionalizado pelo IGLC e LCI.
<b>Objetivo central</b>	Integrar e estruturar informações confiáveis para coordenação, simulação, documentação e tomada de decisão.	Reduzir desperdícios, aumentar valor e melhorar o fluxo contínuo de produção.
<b>Foco principal</b>	Precisão digital, interoperabilidade, modelagem paramétrica, simulações multidimensionais (3D, 4D, 5D, 6D).	Gestão de processos, confiabilidade do planejamento, produção enxuta, melhoria contínua.
<b>Ferramentas típicas</b>	Softwares de modelagem (Revit, ArchiCAD, Navisworks, Tekla), CDE, IFC, simulações energéticas, 4D/5D.	Last Planner System®, Kaizen, Kanban, Value Stream Mapping (VSM), Takt Time, PPC (Percent Plan Complete).
<b>Tipo de valor gerado</b>	Redução de conflitos, compatibilização automática, melhor documentação, previsibilidade de custos e tempo, simulações de desempenho.	Redução de variabilidade, eliminação de desperdícios, aumento da produtividade, estabilidade do fluxo.
<b>Contribuição econômica</b>	Melhora estimativas, reduz retrabalhos, aumenta precisão orçamentária e viabiliza análises de ciclo	Minimiza perdas e espera, reduz tempo improdutivo, melhora a produtividade e

Ano VI, v.1 2026 | **submissão: 11/01/2026** | **aceito: 13/01/2026** | **publicação: 15/01/2026**

	de vida.	reduz custos recorrentes.
<b>Contribuição ambiental</b>	Permite LCA, simulações energéticas, análise de emissões e avaliação de alternativas sustentáveis.	Reduz geração de resíduos, consumo excessivo e processos desnecessários.
<b>Forma de implementação</b>	Requer capacitação tecnológica, padrões de interoperabilidade e adoção de ambientes digitais colaborativos.	Requer mudança cultural, disciplina operacional, gestão colaborativa e estabilização de processos.
<b>Desafios</b>	Alto custo inicial, necessidade de padronização, interoperabilidade entre softwares, resistência técnica.	Resistência cultural, baixa maturidade processual, fragmentação setorial da construção.
<b>Integração BIM-Lean</b>	Fornece dados e modelos para otimizar decisões Lean, simular fluxo e antecipar desperdícios.	Utiliza informações do BIM para melhorar planejamento, reduzir variabilidade e otimizar fluxo de produção.
<b>Síntese</b>	Tecnologia informacional que estrutura e integra dados.	Filosofia de gestão que organiza e disciplina processos.

**Fonte:** Elaborado pelas autoras, com base em Eastman et al. (2011); NBIMS-US (2015); Sacks et al. (2010); Koskela (1992); Womack e Jones (2003); Ballard e Howell (2003); Díaz, Sánchez e Guerra (2014); Andújar-Montoya et al. (2019); Oliveira, Silva e Amaral (2023); Santos et al. (2021).

A tabela demonstra que o BIM se destaca como uma tecnologia de modelagem capaz de gerar informações precisas, multidimensionais e integradas, apoiando todas as fases do ciclo de vida do empreendimento, desde o planejamento até a operação. Essa capacidade informacional amplia a previsibilidade, reduz incertezas e facilita análises de custo, prazo, desempenho energético e compatibilização de disciplinas. Por outro lado, a filosofia Lean Construction atua diretamente sobre a gestão dos processos, orientando a eliminação de desperdícios, a estabilidade do fluxo produtivo, o aumento da confiabilidade e a maximização do valor entregue ao cliente.

Quando analisadas conjuntamente, essas dimensões evidenciam que o BIM fornece a base digital necessária para análises rigorosas e tomadas de decisão informadas, enquanto o Lean operacionaliza essas informações por meio de práticas que racionalizam o uso de recursos e evitam perdas financeiras. Assim, a tabela não apenas organiza os papéis desempenhados por cada abordagem, mas também evidencia a complementaridade que fundamenta a integração BIM-Lean como um modelo avançado de gestão, com impacto direto na eficiência econômica e na sustentabilidade da construção.

#### **Quadro 5 – Integração BIM-Lean-Sustentabilidade: Convergências, Benefícios e Resultados Esperados**

<b>Dimensão Integrada</b>	<b>Contribuições do BIM</b>	<b>Contribuições do Lean Construction</b>	<b>Resultados da Integração para a Sustentabilidade</b>	<b>Evidências da Literatura</b>
Redução de Retrabalhos e Perdas	Detecção de interferências; compatibilização digital; simulações 3D/4D/5D	Eliminação de atividades sem valor; padronização e fluxo contínuo	Menor uso de materiais e energia; redução de custos e resíduos	Sacks et al. (2010); Marzouk & Azab (2016)
Eficiência no Uso de Recursos	Quantificação precisa de materiais; análises de desempenho	Minimização de estoques; redução de tempos ociosos	Otimização de insumos; menor pegada ecológica; redução de custos indiretos	Akbari et al. (2024); Wong & Zhou (2015)
Ciclo de Vida e Economia Circular	Modelagem para manutenção, operação e deconstrução	Redução de desperdícios no ciclo produtivo	Aumento da durabilidade; reuso de componentes; menor geração de RCC	Karanafti et al. (2024); McNeil-Ayuk & Jade (2024)



**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceite: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

Eficiência Econômica e Previsibilidade	Estimativas de custos integradas (TCO, 5D); monitoramento em tempo real	Fluxo estável; redução de variabilidade; confiabilidade produtiva	Maior previsibilidade financeira; redução de custos totais do projeto	Mattana & Librelotto (2017); Daoud et al. (2025)
Governança, Transparência e Colaboração	Modelo compartilhado; rastreabilidade	Planejamento colaborativo; melhoria contínua	Tomada de decisão baseada em dados; redução de assimetrias	Santos et al. (2021); Mellado & Lou (2020)
Desempenho Energético e Emissões	Simulações termoenergéticas; análise de materiais	Otimização de fluxos que reduz energia improdutiva	Menores emissões de CO <sub>2</sub> e maior eficiência energética	Akbari et al. (2024)
Qualidade e Desempenho Construtivo	Modelos ricos em informação; redução de erros de projeto	Padronização e estabilidade do fluxo	Edificações com maior qualidade, durabilidade e menor custo operacional	Andújar-Montoya et al. (2019); Díaz et al. (2014)

**Fonte:** Elaborado pelas autoras a partir de Sacks et al. (2010); Marzouk e Azab (2016); Akbari et al. (2024); Wong e Zhou (2015); Karanafti et al. (2024); McNeil-Ayuk e Jrade (2024); Mattana e Librelotto (2017); Daoud et al. (2025); Santos et al. (2021); Mellado e Lou (2020); Andújar-Montoya et al. (2019); Díaz, Sánchez e Guerra (2014).

O Quadro 5 apresenta uma síntese das principais interfaces entre BIM, Lean Construction e sustentabilidade, destacando como a integração dessas abordagens potencializa ganhos ambientais, econômicos e operacionais. Ao combinar a precisão informacional do BIM com a racionalidade produtiva do Lean, emergem sinergias capazes de reduzir desperdícios, melhorar a eficiência no uso de recursos, ampliar a previsibilidade financeira e fortalecer práticas alinhadas à economia circular.

Tais resultados convergem com achados da própria autora sobre inovação social, economia ecológica e governança de sistemas produtivos, que evidenciam a importância de infraestruturas digitais e colaborativas para promover autonomia sociotécnica e sustentabilidade territorial (Stroparo et al., 2024; Stroparo; Floriani, 2024; 2025).

## Considerações Finais

A análise realizada por meio desta *scoping review* permitiu identificar que a integração entre BIM e Lean Construction constitui uma estratégia promissora para enfrentar desafios históricos do setor da construção, especialmente aqueles relacionados à baixa produtividade, aos elevados custos operacionais e à falta de integração entre projeto e execução. A literatura evidencia que essa convergência metodológica não representa apenas a adoção simultânea de tecnologias digitais e princípios gerenciais, mas sim a construção de um modelo integrado de racionalidade produtiva, capaz de otimizar fluxos, reduzir desperdícios e ampliar a previsibilidade econômico-financeira.

Os estudos avaliados sugerem que o BIM, ao oferecer bases informacionais consistentes, modelos tridimensionais inteligentes e simulações de desempenho, contribui de maneira decisiva para o planejamento, o monitoramento e o controle de custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Quando articulado aos princípios Lean — que enfatizam melhoria contínua, eliminação de perdas e confiabilidade do planejamento —, o BIM potencializa a eficiência dos processos, mitigando riscos financeiros associados a retrabalhos, inconsistências técnicas e variações indesejadas nos cronogramas (Sacks et al., 2010; Ballard; Howell, 2003). Essa sinergia explica por

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

que diversos estudos relatam reduções significativas de custos e ganhos de produtividade superiores aos observados quando cada abordagem é aplicada isoladamente.

Do ponto de vista ambiental, as conclusões reforçam que a integração BIM–Lean desenvolve um papel central na promoção de práticas sustentáveis. A literatura analisada demonstra que o Lean contribui para reduzir desperdícios de materiais e energia, enquanto o BIM viabiliza análises preditivas de desempenho ambiental e comparações de alternativas construtivas mais eficientes (Azhar et al., 2011; Wong; Zhou, 2015). Em conjunto, essas abordagens apoiam decisões orientadas à sustentabilidade, reduzindo a pegada ambiental dos empreendimentos e promovendo o uso mais racional dos recursos naturais, coerentemente com princípios contemporâneos de modernização ecológica (Mol; Spaargaren, 2000).

A pesquisa também evidencia que indicadores de desempenho constituem elementos estruturantes na integração metodológica. Métricas como ROI, CPI, SPI, Takt Time e índices de variabilidade permitem monitorar resultados, quantificar benefícios e apoiar processos decisórios fundamentados em dados, ampliando a transparência e a governança dos projetos (Formoso et al., 2011; Frandson; Bergström; Tommelein, 2013). Esses indicadores reforçam o papel do BIM como plataforma de gestão digital e do Lean como filosofia orientada à eficiência sistêmica.

Apesar de seu potencial, a literatura aponta desafios importantes, sobretudo relacionados à cultura organizacional, à fragmentação do setor, aos investimentos iniciais necessários à implementação de tecnologias e à carência de capacitação especializada. Assim, os benefícios da integração não dependem apenas de soluções tecnológicas, mas de mudanças estruturais que envolvem processos, competências e políticas organizacionais.

Os achados deste estudo são coerentes com a agenda de pesquisa já desenvolvida pela autora, especialmente aqueles que tratam de transformação digital, sustentabilidade econômica, governança sociotécnica e inovação em sistemas produtivos (Stroparo, 2024a; 2024b; Stroparo et al., 2025). Assim, a integração BIM–Lean encontra ressonância em trabalhos anteriores ao demonstrar que tecnologias digitais e racionalidade operacional, quando combinadas, fortalecem modelos de gestão mais eficientes, sustentáveis e financeiramente robustos.

Em síntese, as conclusões deste estudo indicam que a integração BIM–Lean representa uma via consistente para promover inovação, eficiência econômica e sustentabilidade ambiental no setor da construção. A convergência dessas abordagens oferece bases para a modernização produtiva e para o fortalecimento da governança dos empreendimentos, contribuindo para práticas construtivas mais inteligentes, transparentes e alinhadas às demandas contemporâneas. Novas pesquisas podem explorar estudos de caso aplicados, análises comparativas entre setores ou metodologias híbridas que ampliem os entendimentos sobre a viabilidade e os impactos da adoção integrada dessas práticas.

Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026

## Referências

AKBARI, S. et al. *Sustainability and building information modelling: integration, research gaps, and future directions*. Automation in Construction, v. 163, p. 105420, 2024.

ANDÚJAR-MONTOYA, M. D. et al. *BIM and Lean Construction interactions: a state-of-the-art review*. WIT Transactions on the Built Environment, p. 1, 2019.

ARKSEY, H.; O'MALLEY, L. *Scoping studies: towards a methodological framework*. International Journal of Social Research Methodology, v. 8, n. 1, p. 19-32, 2005.

AZHAR, S. *Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*. Leadership and Management in Engineering, v. 11, n. 3, p. 241-252, 2011.

AZHAR, S.; CARLTON, W.; OLSEN, D.; AHMAD, I. *Building environmentally sustainable construction projects*. Leadership and Management in Engineering, v. 11, n. 4, p. 1-9, 2011.

AZIZ, R. M.; NASRELDIN, T. I.; HASHEM, O. M. *The role of BIM as a lean tool in design phase*. Journal of Engineering and Applied Science, v. 71, n. 1, 2024.

BALLARD, G.; HOWELL, G. *Lean project management*. Building Research & Information, v. 31, n. 2, p. 119-133, 2003.

DAOUD, A. O. et al. *Exploring the building information modelling benefits for sustainable construction using PLS-SEM*. Scientific Reports, v. 15, n. 1, 2025.

DAVE, B.; KOSKELA, L.; KOWALTOWSKI, D. *Lean construction and BIM integration: theoretical and practical perspectives*. Lean Construction Journal, p. 112-124, 2013.

DÍAZ, H. P.; SÁNCHEZ, O.; GUERRA, J. A. G. *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción*. Avances en Investigación en Ingeniería, v. 11, n. 1, p. 32-45, 2014.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011.

FORMOSO, C. T. et al. *Developing a performance measurement system for construction projects*. Journal of Construction Engineering and Management, v. 137, n. 10, p. 861-873, 2011.

FRANDSON, A.; BERGSTRÖM, M.; TOMMELEIN, I. T. *Takt time planning and the Last Planner System*. Lean Construction Journal, p. 1-16, 2013.

GNECCO, V. M.; MATTANA, L.; FOSSATI, M. *Minimização de resíduos da construção em obras públicas por meio do processo BIM*. MIX Sustentável, v. 7, n. 3, p. 141-152, 2021.

GONZALEZ, C. F. L.; RODRÍGUEZ, A. M. R.; MANZANARES, F. V. *Disruptive method for managing BIM design and construction using Kanban*. Organization Technology and Management in Construction, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2024.

GUTIÉRREZ, A. R. I.; ESPINOSA, J. C. M. *Building and sustainability information modeling: an analysis of its thematic structure*. Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2024.



Ano VI, v.1 2026 | **submissão: 11/01/2026** | **aceito: 13/01/2026** | **publicação: 15/01/2026**

INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. *About IGLC*. 2025.

KARANAFTI, A. et al. *Integrating BIMs in construction and demolition waste management for circularity enhancement: a review*. Lecture Notes in Civil Engineering, p. 669-680, 2024.

KOSKELA, L. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford: Stanford University/CIFE, 1992. (Technical Report, 72).

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE BRASIL. *Sobre Lean Construction*. São Paulo, 2023.

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. *What is Lean Construction?* Arlington, VA, 2024.

LEVAC, D.; COLQUHOUN, H.; O'BRIEN, K. *Scoping studies: advancing the methodology*. Implementation Science, v. 5, n. 69, p. 1-9, 2010.

MARZOUK, M.; AZAB, S. *Environmental and economic analysis of construction operations using BIM and Lean techniques*. Journal of Cleaner Production, v. 128, p. 37-47, 2016.

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. *Contribuição do BIM para a sustentabilidade econômica de edificações*. MIX Sustentável, v. 3, n. 2, p. 134-147, 2017.

McNEIL-AYUK, N.; JRADE, A. *An integrated Building Information Modeling (BIM) and Circular Economy (CE) model for the management of construction and deconstruction waste*. Open Journal of Civil Engineering, v. 14, n. 2, p. 168-184, 2024.

MEHRAN, D.; POIRIER, É.; FORGUES, D. *BIM and Lean for value generation in the built asset industry: an information management perspective*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 1218, p. 1-12, 2022.

MELLADO, F.; LOU, E. *Building Information Modelling, Lean and Sustainability: an integration framework to promote performance improvements in the construction industry*. Sustainable Cities and Society, v. 61, p. 102355, 2020.

MOL, A. P. J.; SPAARGAREN, G. *Ecological modernization theory in debate: a review*. Environmental Politics, v. 9, n. 1, p. 17-49, 2000.

MOTA, P. et al. *BIM for production: benefits and challenges for its application in a design-bid-build project*. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. Anais... p. 687-698, 2019.

NAHANGI, M. et al. *BIM-based lean construction strategies: impacts on waste reduction and sustainability performance*. Automation in Construction, v. 82, p. 1-12, 2017.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. *National Building Information Modeling Standard – United States (NBIMS-US V3)*. Washington, DC, 2021.

OHNO, T. *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Portland: Productivity Press, 1988.

OLIVEIRA, B. M.; SILVA, F. T.; AMARAL, T. G. *Relações conceituais entre o Building Information Modeling e o Lean na gestão da informação da construção civil*. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 19, n. 2, p. 259-276, 2023.



**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

PAULA, H. M. et al. *Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil*. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 1, 2017.

PETERS, M. D. J. et al. *Chapter 11: scoping reviews*. In: *JB1 manual for evidence synthesis*. Adelaide: Joanna Briggs Institute, 2020.

SACKS, R. et al. *Interaction of Lean and Building Information Modeling in construction*. Journal of Construction Engineering and Management, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SANTOS, D. M. et al. *Estudo comparativo da implementação da Modelagem da Informação da Construção em obras públicas no Brasil e no Reino Unido*. Research Society and Development, v. 10, n. 1, 2021.

SCHAMNE, A. N.; NAGALLI, A.; SOEIRO, A. *The use of BIM to automated construction and demolition waste management*. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, n. 9, p. 377-392, 2022.

SILVA, C. C.; SANTOS, J. V. C. *Ferramenta de gestão eficaz em obras de construção civil: tendências e megatendências do BIM*. Research Society and Development, v. 14, n. 8, 2025.

SILVA, G. R. et al. *Building Information Modeling para detalhamento estrutural de lajes maciças em concreto armado*. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 23, p. 17-32, 2023.

STROPARO, T. R.; FLORIANI, N. *The territorial dimension of innovation in family farming: a critical reading in light of ecological modernization and the ecology of practices*. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 19, n. 11, 2025.

STROPARO, T. R. et al. *Fiscalidade digital e exclusão sociotécnica no campo: a materialidade contábil da NFP-e na agricultura familiar paranaense*. Revista Científica Novas Configurações – Diálogos Plurais, v. 6, n. 3, p. 1-12, 2025.

STROPARO, T. R. *Socio-technical imaginaries and techno-social territories: connecting sustainability and open innovation in agroecology*. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 19, n. 3, p. 1-17, 2025.

STROPARO, T. R. *Transformação digital na agricultura: impactos da Internet das Coisas (IoT) na eficiência produtiva e sustentabilidade*. Lumen et Virtus, v. 15, n. 38, p. 1573-1581, 2024.

STROPARO, T. R.; ARAÚJO, J. H. K.; BORTOLOTTI, M. A.; LACERDA JUNIOR, O. *Inteligência artificial na gestão de custos: avanços, desafios e oportunidades*. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 6, p. 1446-1456, 2024.

STROPARO, T. R.; FLORIANI, N. *Blockchain in agroecological certifications: innovation and challenges of socio-environmental autonomy*. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 18, n. 11, p. 1-15, 2024.

STROPARO, T. R. et al. *Daecoinovação à sustentabilidade econômica: caminhos para a autossuficiência em pequenas propriedades rurais*. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 15, n. 3, p. 1-10, 2024.

SUCCAR, B. *Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.





**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 11/01/2026 | aceito: 13/01/2026 | publicação: 15/01/2026**

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *The machine that changed the world*. New York: Harper Perennial, 1990.

WONG, K.; ZHOU, J. *Enhancing environmental performance through BIM and sustainability analytics*. Automation in Construction, v. 49, p. 1-9, 2015.

YANG, Y. et al. *Integration of Lean Construction and BIM in sustainable built environment: a review and future research directions*. Buildings, v. 15, n. 14, p. 2411, 2025.

### **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), à Fundação Araucária e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio institucional e financeiro concedido por meio dos Programas Institucionais de Iniciação Científica (PROIC e PIBIS).