

IMPACTS OF THE APPLICATION OF BUILDING INFORMATION MODELING ALLIED TO THE PRINCIPLES OF LEAN CONSTRUCTION IN CIVIL CONSTRUCTION

IMPACTOS DA APLICAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING* ALIADO AOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dayane C. T. M. Souza¹, Luiza D. de Freitas¹

¹ Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Brazil

[□] dayane.souza@aluno.ufop.edu.br

Recebido: 02 agosto 2022 / Aceito: 25 fevereiro 2023 / Publicado: 10 março 2023

ABSTRACT.

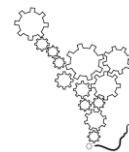
The civil construction sector is very important for the economy, but, in spite of that, it needs improvement in the insertion of management technologies when compared to other industries such as automobiles, steel, appliances and others. Therefore, the implementation of tools, technologies and methodologies that improve the quality of work and increase the productivity of the professionals involved with the reduction of rework, time, effort, activities that do not add value and other waste becomes an important factor for better management and control of this activity. Therefore, this article aims to verify the effects that the integration between BIM (Building Information Modeling) and Lean Construction can bring to the planning and execution of works. The methodology consisted of bibliographic research to explain concepts, benefits and difficulties of implementing BIM and Lean Construction methodologies, in addition to a questionnaire carried out with companies that implemented at least one of the methodologies and analysis of results and discussion. It was found that the effects of the integration of BIM and Lean Construction are positive, as long as some difficulties are overcome, such as changing the pattern of thinking and culture of the professionals involved in order to successfully achieve results.

Keywords: BIM, Lean Construction, BIM and Lean

RESUMO.

O setor da construção civil é muito importante para a economia, mas, apesar disso, necessita de aprimoramento na inserção de tecnologias de gestão quando comparado a outras indústrias como a de automóveis, siderúrgicas, eletrodomésticos e outras. Por isso, a implementação de ferramentas, tecnologias e metodologias que melhorem a qualidade do trabalho e aumentem a produtividade dos profissionais envolvidos com a redução de retrabalho, tempo, esforço, atividades que não agregam valor e outros desperdícios se torna um fator importante para melhor gestão e controle desta atividade. Diante disso, este artigo tem o objetivo de verificar os efeitos que a integração entre o BIM (*Building Information Modeling*) e o *Lean Construction* (Construção Enxuta) podem trazer ao planejamento e à execução de obras. A metodologia consistiu em uma pesquisa bibliográfica para explicitar conceitos, benefícios e dificuldades de implantação das metodologias BIM e *Lean Construction*, além de um questionário realizado com empresas que implementaram pelo menos uma das metodologias e análise de resultados e discussão. Verificou-se que os efeitos da integração do BIM e do *Lean Construction* são positivos, desde que sejam vencidas algumas dificuldades como a mudança do padrão de pensamento e cultura dos profissionais envolvidos para atingir os resultados com sucesso.

Palavras-chave: BIM, *Lean Construction*, Construção Enxuta, Integração entre BIM e *Lean*



1 INTRODUÇÃO

O planejamento de obras é uma etapa importante para que o resultado final de uma construção seja positivo. Para Silva (2017), uma das maneiras de se obter um bom gerenciamento de projetos e obras seria ter um bom planejamento, pois as deficiências dessa etapa são as principais causas de baixa produtividade e de baixa qualidade nas construções. O *Building Information Modeling* (BIM) permite que todos os projetos sejam realizados de maneira simultânea.

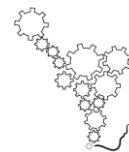
Uma maneira de resolver os problemas oriundos da falta de planejamento e gestão de obras é com a utilização dos princípios da Construção Enxuta, que visam a redução de desperdícios e o aumento de produtividade e eficiência (NAHIME *et al.*, 2020). Desta forma, este artigo tem o objetivo de examinar os efeitos que a integração entre as metodologias BIM e *Lean Construction* pode trazer ao planejamento e à execução de obras.

1.1. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção é uma metodologia que consiste na construção de um modelo virtual do edifício contendo todas as informações do ciclo de vida da obra, representando uma nova abordagem à gestão da informação da construção civil (MONTEIRO; MARTINS, 2011).

Para Azevedo (2009, p.4), "BIM é a criação paramétrica, ou inteligente, de modelos em perspectiva 3D em vez de desenhos 2D "não inteligentes"", operando sobre uma base de dados digital na qual qualquer alteração feita reflete em todos os itens desenhados que compõem o projeto. Isto permite a visualização do modelo por todos os envolvidos na construção, desde arquitetos, engenheiros, empreiteiros e proprietários, compartilhando e sincronizando as informações. No entanto, o autor completa que o *National Institute of Building Sciences* (NIBS) aponta que identificar o BIM apenas como uma modelagem e visualização 3D é uma descrição limitadora e que um conceito mais adequado é que o modelo funciona como um recurso integrado, contendo todas as informações - gráficas e não gráficas - de uma instalação, tendo como objetivo eliminar o desperdício de repetição de trabalho e reformatar a facilidade de informação.

Campestrini *et al.* (2015, p.5), apontam que a metodologia BIM surgiu na década de 1970, através de pesquisas científicas de países mais desenvolvidos tecnologicamente na construção



civil, a fim de “melhorar a tomada de decisão em vista à crescente quantidade de informações disponíveis e as novas exigências e especialidades esperada no mercado daqueles países (como segurança, certificações ambientais, sustentabilidade, conforto, entre outros)”.

Para Monteiro e Martins (2011), a origem dos conceitos BIM remete às teorias desenvolvidas por Charles M. Eastman sobre modelagem de dados de produtos da construção, compartilhando os mesmos princípios em nível de representação e organização da informação. Os autores ainda apontam que Phil Bernstein, arquiteto da Autodesk, foi o primeiro a utilizar o termo BIM "*Building Information Modeling*", que depois foi generalizado por Jerry Laiserin para a representação digital dos processos de construção, característica de um pequeno conjunto de aplicações então disponíveis no mercado.

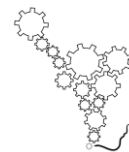
1.1.1. Vantagens relativas a prazos e custos

Os principais benefícios dos sistemas BIM são baseados nas habilidades de compartilhar um único modelo digital que descreve todas as etapas do projeto da edificação. Destacando-se a colaboração, onde todas as áreas são envolvidas no desenvolvimento, dividindo informações, gerando projetos com menos problemas para execução, nos quais é possível visualizar a realidade e futuras dificuldades, reduzindo erros, trazendo dados do andamento do projeto, prevendo necessidades na sequência da construção, enfim permitindo conduzir a execução com maior eficiência e segurança.

Com a facilidade de visualização é possível verificar a compatibilização dos projetos de arquitetura com os demais complementares e identificar, solucionar e corrigir possíveis erros e interferências, facilitando a execução da edificação. Um projeto bem compatibilizado e com ótima visibilidade agrega valor e tempo na hora de executá-lo, não transferindo aos profissionais da obra a responsabilidade de corrigir interferências (RISKE, 2016).

Através do trabalho colaborativo e das informações que podem ser adicionadas em tempo real no modelo digital, o BIM permite que se tenha uma previsão ampla do projeto. Assim, a metodologia faz com que erros, interferências, imprevistos e retrabalhos sejam evitados, o que reduz o tempo e o custo da obra.

1.1.2. Desafios de implementação e uso



Os principais desafios de implementação e uso da metodologia BIM referem-se ao custo elevado dos *softwares* no mercado e o tempo necessário para treinamento dos usuários, além das dificuldades de manuseio nos próprios *softwares*, do elevado tamanho dos arquivos gerados e da dificuldade de compatibilidade com outros *softwares*. Outros desafios se dão pela “falta de treinamento e apoio técnico, pois a complexidade da ferramenta consome tempo para modelagem e principalmente a mudança na prática arquitetônica para a utilização adequada ao potencial da ferramenta”, destacando que para as transformações acontecerem é preciso amadurecimento organizacional e metodologias de trabalho (RISKE, 2016).

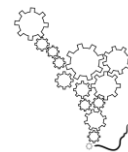
1.2.CONSTRUÇÃO ENXUTA (*LEAN CONSTRUCTION*)

A construção enxuta é uma adaptação do Sistema Toyota de Produção para a construção civil com o objetivo de proporcionar ao setor um sistema de gestão de qualidade tão bem sucedido quanto foi para as linhas de produção da Toyota Motor Company. E, diferentemente da Produção Enxuta, na Construção Enxuta não há práticas padronizadas, porém, o Sistema *Last Planner* seria um exemplo de aplicação da filosofia enxuta da produção para a construção (NERY; MENDES JUNIOR; ZATTAR, 2018).

Esse sistema de controle de produção consiste em ferramentas e regras que visam tornar a implementação de procedimentos menos árdua. Ou seja, seu objetivo é, por meio da aprendizagem contínua, planejar melhor as atividades para os funcionários. De acordo com Fauchier e Alves (2013), aqueles que implementam o *Last Planner* possivelmente vão adquirir características de liderança, confiança e trabalho em equipe. E, por meio de um ambiente de trabalho descomplicado e visual, haverá transparência.

Para Silva (2017), o objetivo da filosofia Enxuta é entregar para o consumidor um produto de melhor qualidade, com menor custo e em menor tempo, e, em seus pilares, estão dois conceitos: *Just in time* - no qual é produzido apenas o necessário e à medida que for demandado de forma a não gerar estoque e consequentes desperdícios - e *Jidoka*, que seria uma automação com um traço humano.

1.2.1. Princípios da Construção Enxuta



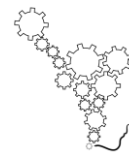
De acordo com Koskela (1992), as atividades na nova filosofia são norteadas por onze princípios, conforme apresentado no Quadro 1:

QUADRO 1 – 11 PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Princípios	Descrição e Aplicação
1) Reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor	As atividades que agregam valor são aquelas importantes para o cliente e que o fazem pagar pelo serviço ou produto. Entretanto, as atividades de fluxo, apesar de serem importantes no processo de produção, não geram valor ao cliente, sendo assim é preciso mapear toda a atividade e estar sempre em busca de melhorias.
2) Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades dos clientes	Aquilo que agrega valor é diferente para cada pessoa, portanto é necessário extrair as informações corretas dos clientes.
3) Reduzir a variabilidade	O padrão do serviço ofertado deve ser mantido, não apenas no que diz respeito à qualidade, mas também aos prazos e custos. Para tanto, deve haver controle e a equipe deve ser treinada.
4) Reduzir o tempo de ciclo	O tempo de ciclo é a soma do tempo gasto não só para produzir um produto ou serviço, mas também o tempo destinado à logística, à espera, ao processamento e à inspeção.
5) Reduzir as etapas de realização de uma tarefa	Quanto maior são as etapas, maior a chance de se ter atividades que não agregam valor. Uma forma de reduzir seria utilizando a metodologia BIM desde o início da concepção do projeto.
6) Aumentar a flexibilidade	Os consumidores não se contentam mais com produtos padronizados. Eles estão em busca de personalização.
7) Aumentar a transparência do processo	Aumentar a transparência do processo. Dessa forma, os erros são detectados mais facilmente.
8) Focar no controle do processo como um todo	Monitorar o processo por completo para uma visão mais ampla desde a concepção do projeto até chegar ao cliente, possibilitando a identificação de possíveis desperdícios que venham ocorrer.
9) Buscar a melhoria contínua no processo	Para que o controle do processo seja gerenciável, ele deve ser medido. Dessa forma, é importante estabelecer metas e estimular as boas práticas e responsabilidade da mão-de-obra, afinal o trabalho em equipe e a gestão participativa são condições essenciais para a introdução da melhoria contínua.
10) Balancear as melhorias entre o fluxo e as conversões	Melhores fluxos demandam menor capacidade de conversão, além de tornar a implementação de novas tecnologias mais fácil.
11) Benchmarking	Processo de avaliação da empresa em relação à concorrência, com o intuito de incorporar o que tem de melhor às outras firmas e aperfeiçoar seus próprios métodos.

FONTE: ADAPTADO DE KOSKELA (1992)

1.2.2. Redução de desperdícios

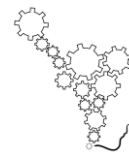


Dentro da filosofia Enxuta, a redução de desperdícios é um ponto fundamental. E redução de desperdício não é necessariamente redução de gastos, uma vez que um elemento/produto de alto custo pode ser essencial para a geração de valor de um trabalho final. Então, cortá-lo não seria um processo interessante. A eliminação de desperdício diz respeito a cortar tudo aquilo que não agrega valor ao produto final. De acordo com Castro, Guedes e Trombine (2019), os desperdícios podem representar entre 80% e 95% do tempo e dos custos de um processo de produção e são divididos em:

- a) Superprodução: produzir além da demanda, as matérias-primas são usadas precocemente, há de se ter espaço para armazenagem e há custos com logística, administração entre outros;
- b) Estoque: diretamente ligado à superprodução, se há produção excessiva haverá estoque;
- c) Defeitos: os defeitos levam à repetição do trabalho ou correção, gastando mais tempo e mão de obra. Caso o produto defeituoso chegue até o consumidor final, poderá haver reclamação, devolução e insatisfação;
- d) Movimentos desnecessários: todo movimento de um trabalhador deverá agregar valor, por isso o espaço de trabalho deve ser organizado de forma a não se ter movimentos desnecessários;
- e) Processamento que não agrega valor: a técnica de mapeamento de fluxo deve ser utilizada para descobrir quais são as etapas que não agregam valor ao produto final. O uso de tecnologia inadequada pode representar um desperdício no processamento do trabalho;
- f) Espera: eliminar as fontes de espera. Se um funcionário precisa esperar uma máquina concluir um serviço, por exemplo, isso é uma fonte de espera.
- g) Desperdício de transporte: os meios de transporte devem ser adequados às respectivas cargas.

1.3. INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E *LEAN CONSTRUCTION*

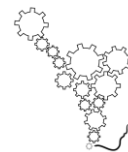
A construção enxuta e o BIM são iniciativas diferentes, mas ambas estão suscitando mudanças fundamentais e impactos na construção civil. Sacks *et al.* (2010) e Garrido (2015) analisaram inúmeras interações entre essas metodologias, indicando a existência de uma sinergia que pode ser explorada para melhorar os processos da construção, indo além dos benefícios da implementação de qualquer um desses paradigmas de forma independente.



O Quadro 2 foi montado baseado nos estudos de Sacks *et al.* (2010) e Garrido (2015) e apresenta a interação entre os princípios da construção enxuta e o BIM, levantando como este pode auxiliar na aplicabilidade dos princípios da filosofia *Lean Construction* de Koskela (1992) apresentados na seção “1.2.1. Princípios da Construção Enxuta”.

QUADRO 2 – INTERAÇÃO ENTRE OS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA E O BIM

Princípios da Construção Enxuta	Como a metodologia BIM pode auxiliar na aplicabilidade dos conceitos da construção enxuta
Reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor	Com a facilidade de visualização 3D e a colaboração de todas as áreas envolvidas no desenvolvimento do projeto, é possível identificar e solucionar possíveis erros e interferências e, assim, minimizar as atividades que não agregam valor.
Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades dos clientes	Com todos os aspectos do projeto apresentados em um modelo tridimensional, o cliente pode entender facilmente. Isso apoia e facilita a tomada de decisões participativas, fornecendo mais e melhor informação a todos os envolvidos para um produto final mais consistente às demandas.
Reduzir a variabilidade	Possibilitando a padronização e a maior qualidade do serviço, através do conhecimento de todas as etapas do projeto e a possibilidade de avaliação do desempenho. Além dos recursos automatizados do modelo BIM serem mais precisos, com menor chance de erro humano, reduzindo a variabilidade e melhorando o desempenho do produto final.
Reduzir o tempo de ciclo	Como o BIM é empregado em todas as fases do ciclo de vida de um projeto (desde sua concepção até o encerramento, construção, operação e manutenção das obras), é possível avaliar o tempo gasto em todo o processo.
Reduzir as etapas de realização de uma tarefa	Diminuindo os retrabalhos e otimizando o tempo dos projetistas, o BIM reduz o número de etapas de um processo produtivo e enfoca na aplicação tecnológica para uma maior integração entre as fases do projeto e a construção. Além disso, à medida que alterações são feitas no projeto, os projetistas que não utilizam o BIM devem corrigir todas as representações do objeto para manter a consistência entre as informações. O BIM elimina totalmente esse problema, usando uma única representação de informações da qual todos os relatórios são derivados automaticamente.
Aumentar a flexibilidade	Avaliando o impacto das mudanças de projeto na construção de uma maneira visual que não é possível com desenhos 2D tradicionais, o que possibilita a personalização exigida pelos clientes, mas avaliando todo o processo para não aumentar substancialmente os custos.
Aumentar a transparência do processo	Oferecendo uma grande oportunidade de visualizar todos os processos e identificar conflitos de recursos no tempo e no espaço, além de resolver problemas. Isso permite a otimização do processo, melhorando a eficiência e a transparência do processo.
Focar no controle do processo como um todo	Como o BIM é empregado em todas as fases do ciclo de vida de um projeto, é possível monitorar o processo por completo para uma visão mais ampla de todos os processos de produção, desde a concepção do projeto até chegar ao cliente.
Buscar a melhoria contínua no processo	Promovendo a intercomunicação entre as equipes de diferentes áreas envolvidas no desenvolvimento e tornando a medição do desempenho precisa e viável. A medição do desempenho dentro de um sistema onde o trabalho é padronizado e documentado é fundamental para a melhoria do processo.



Balancear as melhorias entre o fluxo e as conversões	Fornecendo um ambiente de visualização ideal em todas as fases de projeto e a simulação de métodos de produção, equipamentos temporários e processos. Isso permite a otimização do processo e pode ajudar a identificar gargalos e melhorar o fluxo.
Benchmarking	Para avaliar a empresa em relação à concorrência, primeiro é necessário conhecer bem os próprios processos para depois identificar as boas práticas de outras empresas e adaptá-las. E com o BIM, é possível monitorar todo o processo para uma visão mais ampla. Além disso, estudos como o de Sebastian e Van Berlo (2010) e Du, Liu e Issa (2014) têm sido desenvolvidos a fim de gerar um instrumento de benchmarking de desempenho BIM para coletar automaticamente dados de desempenho de uma ampla gama de usuários BIM. O intuito é possibilitar a comparação e melhoria de desempenho na utilização do BIM em relação aos concorrentes.

FONTE: AS AUTORAS (2021)

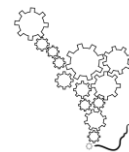
Para Silva (2017), a integração entre as filosofias BIM e *Lean Construction* é uma alternativa para se fortalecer a gestão de obra, uma vez que essa conexão gera, não apenas cooperação entre projeto e construção, mas também promove a sustentabilidade, além de aprimorar a gestão da obra e facilitar as tomadas de decisão. Ao diminuir os retrabalhos e otimizar o tempo dos projetistas, o BIM reduz desperdícios e enfoca na aplicação tecnológica para uma maior integração entre as fases do projeto e a construção, e também possibilita a visualização de formas, detecta as incompatibilidades e dá acesso a todas as informações necessárias para uma construção enxuta.

2 MÉTODO

A metodologia deste trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica sobre as metodologias BIM e *Lean Construction*, a fim de explicitar os seus conceitos, benefícios e dificuldades de implantação, criando uma base teórica para posterior análise de pontos positivos e negativos da implementação das metodologias no planejamento e execução de obras.

Para verificar os impactos da aplicação do BIM e da Construção Enxuta em situações reais de planejamento e execução de obras, foi realizado um questionário com empresas que implementaram pelo menos uma das metodologias, baseado nas informações contidas no referencial teórico do estudo.

Inicialmente, foram selecionadas 20 empresas do setor de construção civil para um primeiro contato através de e-mail e *whatsapp*, seguido do encaminhamento do questionário online, utilizando a plataforma *Google Forms*. A coleta das respostas foi realizada entre os meses de janeiro e fevereiro de 2021 e a partir deste processo foi possível obter o retorno de 7 empresas.



O questionário está estruturado com 27 questões, em sua maioria de múltipla escolha, divididas em 3 seções. A primeira seção do questionário é formada por 5 questões a fim de conhecer o perfil do respondente, seguido da segunda seção com 6 perguntas para o conhecimento do perfil da empresa. A terceira seção é composta por 14 questões a fim de compreender a aplicabilidade da metodologia BIM e do *Lean Construction* no dia a dia da empresa, bem como seus benefícios e dificuldades. O questionário foi finalizado com 2 questões não obrigatórias sobre o interesse das empresas respondentes em acrescentarem algo sobre a pesquisa e em receber o resultado.

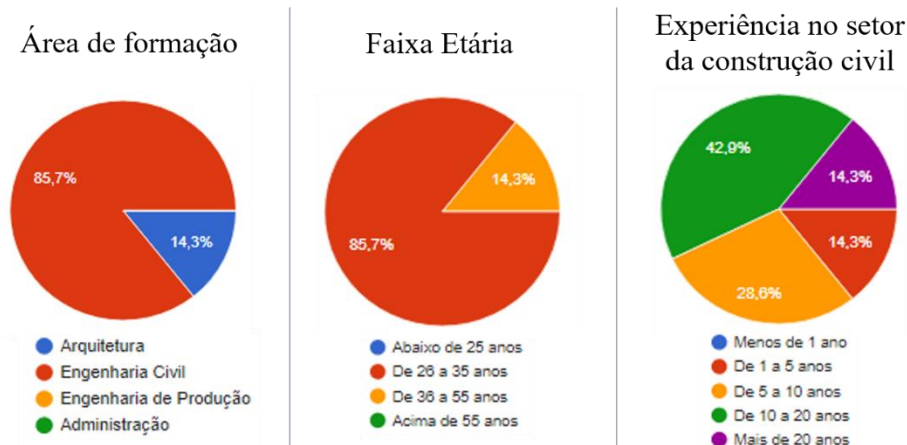
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa serão apresentados os dados obtidos do questionário respondido pelas sete empresas, traçando o perfil dos respondentes e enfatizando a implementação do sistema BIM e da construção enxuta, bem como as percepções da empresa quanto à implementação. O questionário foi dividido em 3 seções: perfil do respondente, perfil da empresa e aplicação do BIM e *Lean Construction*.

Na primeira seção foi possível observar, por meio das respostas do questionário, que todos os respondentes possuem formação na área da construção civil, sendo 6 engenheiros civis e 1 arquiteto e a maioria deles são sócios e/ou diretores da empresa. A faixa etária predominante é entre 26 a 35 anos e 14,3% está na faixa de 36 a 55 anos. Em relação ao tempo de atuação no setor da construção civil, três respondentes (42,9%) possuem de 10 a 20 anos de atuação, dois (28,6%) têm de 5 a 10 anos de experiência, um respondente (14,3%) com experiência de 1 a 5 anos e também um participante (14,3%) mais experiente, com mais de 20 anos. Dessa forma, pode-se considerar o retorno de pessoas habilitadas e experientes no setor da construção civil. O perfil dos respondentes é apresentado no Gráfico 1.



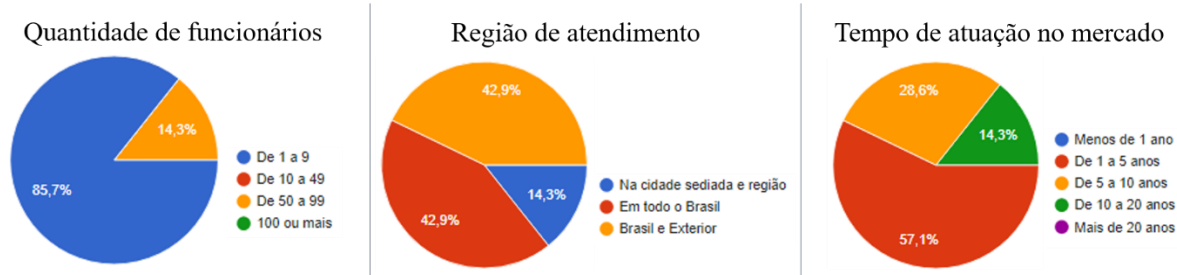
GRÁFICO 1 – PERFIL DOS RESPONDENTES



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

Os dados obtidos na segunda seção, mostram que a grande maioria das empresas respondentes são de pequeno porte, possuindo até 9 funcionários, e que 42,9% dessas empresas atendem em todo o Brasil e 42,9% atendem também no exterior, independente da sua localização. Verificou-se ainda que mais da metade das empresas possui de 1 a 5 anos de atuação no mercado, revelando que alguns respondentes já possuem experiências no setor da construção civil anteriores à sua vinculação com a empresa, como exposto no Gráfico 2.

GRÁFICO 2 – PERFIL DA EMPRESA



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

Em relação aos serviços prestados, a maioria das empresas atua com projetos e trabalha com consultoria e treinamentos, três empresas atuam com planejamento e gestão de obras, uma delas presta serviços de compatibilização de projetos e nenhuma empresa trabalha com execução de obras diretamente, conforme mostra o Gráfico 3. Como nenhuma empresa atuante no ramo de execução de obras respondeu ao questionário, não é possível aprofundar os impactos da implantação do BIM e do *Lean* no canteiro de obras. Dessa forma, a avaliação dos impactos do BIM e da construção nos canteiros reflete a opinião dos participantes do questionário e não a experiência da empresa.

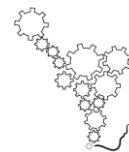
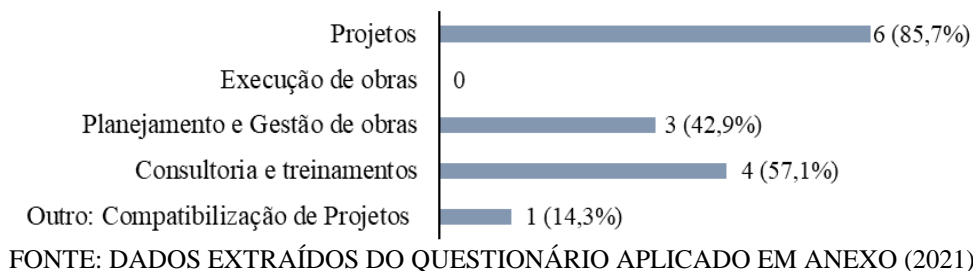
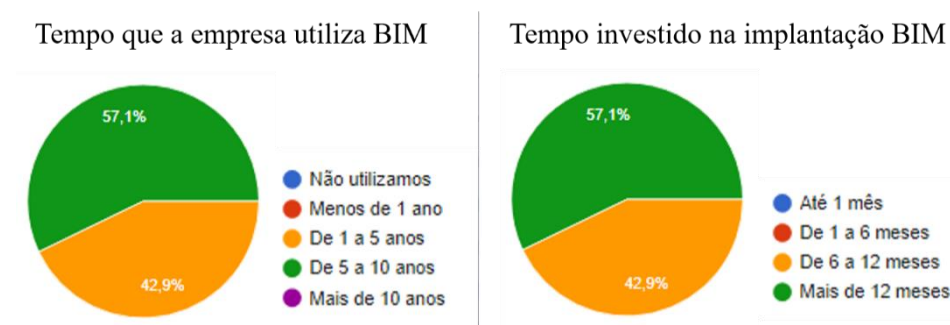


GRÁFICO 3 – SERVIÇOS PRESTADOS PELA EMPRESA



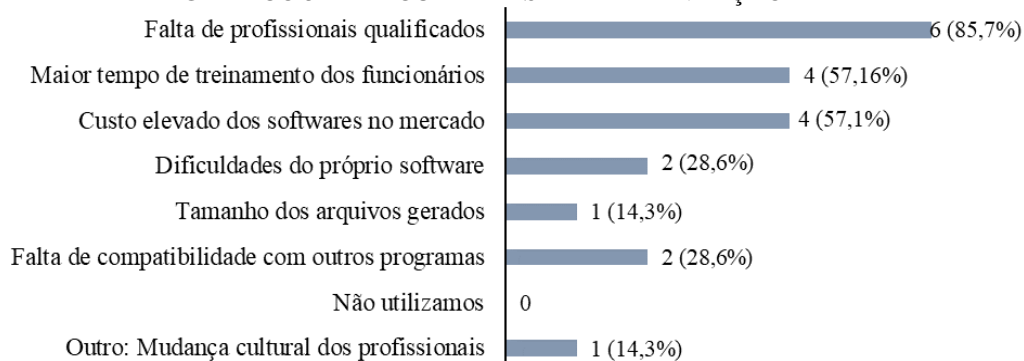
Todas as empresas participantes do questionário utilizam a metodologia BIM entre 1 e 10 anos e investiram mais de 6 meses na implementação, tendo a maioria investido mais de um ano, como ilustrado no Gráfico 4.

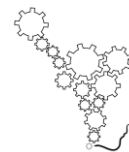
GRÁFICO 4 – TEMPO QUE AS EMPRESAS UTILIZAM O BIM E TEMPO INVESTIDO NA IMPLANTAÇÃO



A falta de profissionais qualificados é apontada pelos respondentes como a maior dificuldade de implementação do BIM, seguida do desafio no treinamento dos funcionários e custo elevado dos *softwares* no mercado, 28,6% dos participantes ainda apontam as dificuldades com o próprio *software* e a falta de compatibilidade com outros programas e 14,3% pontua como desafio o tamanho dos arquivos gerados e a mudança cultural dos profissionais em geral. Conforme apontado pelo Gráfico 5.

GRÁFICO 5 – DIFICULDADES DA IMPLANTAÇÃO BIM

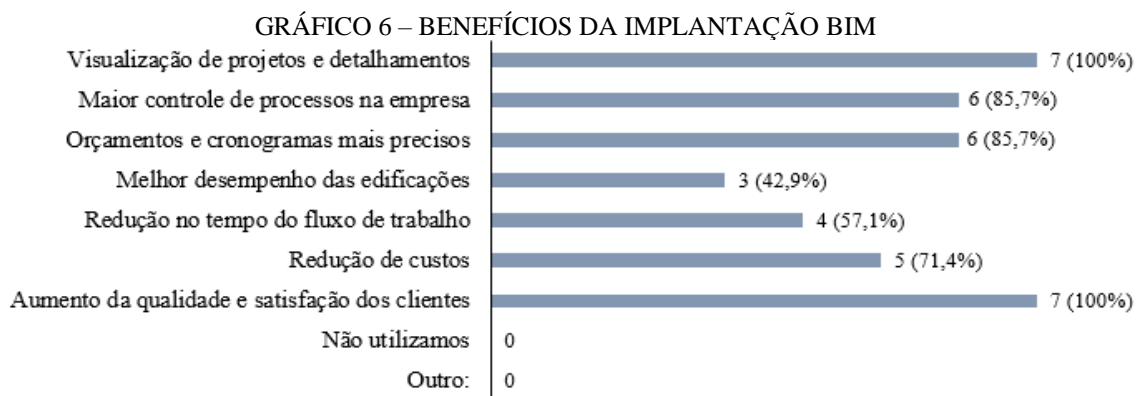




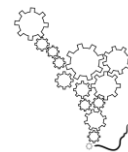
O resultado confirmou o estudo de Riske (2016) que aponta o treinamento dos usuários e o custo elevado dos *softwares* no mercado como duas das principais barreiras de implementação e uso da metodologia BIM. Quanto à qualificação dos profissionais, Pinto *et al.* (2021) fizeram uma pesquisa na qual nenhum dos entrevistados ultrapassaram o nível médio de conhecimento da metodologia BIM, comprovando que a pouca qualificação e o, consequente, desafio de treinamento dos profissionais são realmente grandes barreiras a serem superadas. Assim, recomenda-se que os gerentes e tomadores de decisão das empresas incentivem o uso do BIM em suas atividades e ofereçam palestras relacionados à metodologia para que seus funcionários adquiram habilidades e conhecimentos técnicos apropriados.

Na pesquisa de Pinto *et al.* (2021), o alto custo dos *softwares* foi a única dificuldade importante apontada por todas as empresas de grande porte em se trabalhar com o BIM no canteiro de obras, evidenciando que essa despesa elevada não é um desafio exclusivo das empresas de pequeno porte (maioria dos respondentes deste estudo). Diante dessa situação, é aconselhável definir a plataforma tecnológica que será utilizada e montar uma estratégia que envolva possíveis atualizações e versões dos *softwares*, desde o início da implantação da metodologia.

A visualização de projetos e o aumento da qualidade e satisfação dos clientes são apontados por todos os respondentes como os maiores benefícios da metodologia BIM para a empresa, o que reforça a afirmação de Riske (2016) que a ótima visibilidade do projeto agrega valor e facilita a execução da obra, melhorando assim a qualidade do produto. Além disso, a maioria dos participantes evidencia o maior controle nos processos da empresa, orçamentos e cronogramas mais precisos, redução de custos e redução no tempo do fluxo de trabalho e 42,9% ainda apontam o melhor desempenho das edificações. O Gráfico 6 mostra os benefícios da implantação da metodologia BIM.



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)



A metodologia BIM é utilizada por todas as empresas respondentes e 57,1% também adotam os conceitos do *Lean Construction*. A maioria dessas empresas utilizam os princípios da construção enxuta de 1 a 5 anos e apenas uma empresa (14,3%) utiliza a metodologia *Lean* de 5 a 10 anos. Além disso, a maioria dos respondentes que utilizam o *Lean Construction*, investiu de 1 a 12 meses na implementação e 20% investiram mais de ano para implantar a metodologia, como exposto no Gráfico 7.

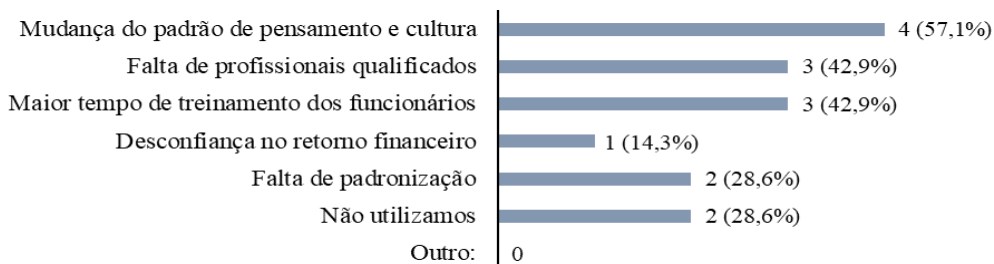
GRÁFICO 7 – TEMPO QUE AS EMPRESAS UTILIZAM O *LEAN* E TEMPO INVESTIDO NA IMPLANTAÇÃO



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

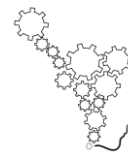
A mudança do padrão de pensamento e cultura da empresa é apontada por mais da metade dos respondentes como a maior dificuldade da implantação dos princípios da construção enxuta, 42,9% ainda pontuam a falta de profissionais qualificados e o maior tempo de treinamento de funcionários, 28,6% enfatizam a falta de padronização e 14,3% pontua também a desconfiança no retorno financeiro como desafio, conforme Gráfico 8.

GRÁFICO 8 – DIFICULDADES DA IMPLANTAÇÃO DO *LEAN CONSTRUCTION*



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

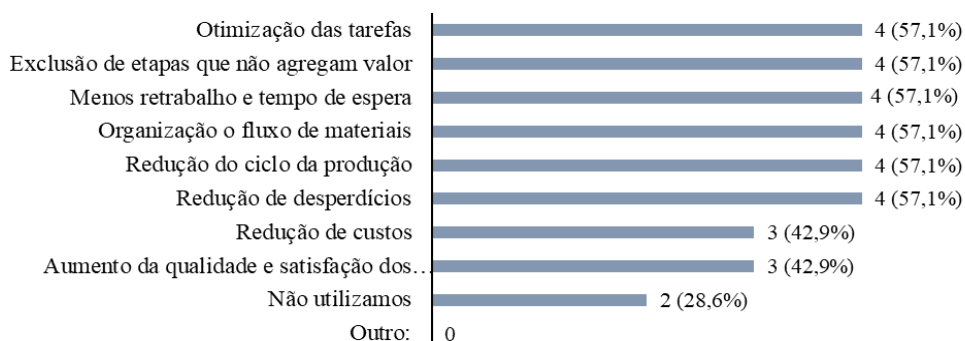
O estudo de Balkhy, Sweis e Lafhaj (2021) aponta a falta de apoio e comprometimento da alta administração e o treinamento insuficiente dos trabalhadores como as barreiras mais significativas para a adoção do *Lean* na indústria da construção jordaniana, evidenciando que a mudança da empresa com envolvimento no trabalho e recursos suficientes para implantação do *Lean* não é uma dificuldade apenas do Brasil. Quanto à falta de qualificação e instrução dos colaboradores, a pesquisa de Pinto *et al.* (2021) destaca a importância de um treinamento



adequado e efetivo para se implantar o *Lean Construction*, confirmando que a capacitação dos profissionais é um desafio a ser vencido.

O Gráfico 9 exibe os benefícios da implantação do *Lean Construction* e aponta a otimização de tarefas, a exclusão de etapas que não agregam valor, a diminuição de retrabalho e tempo de espera, a organização no fluxo de materiais, a redução do ciclo de produção e a redução de desperdícios, como as principais vantagens da implementação, sendo estes enfatizados pela maioria dos participantes do questionário. Outros respondentes ainda apontaram a redução de custos e aumento da qualidade e satisfação dos clientes. Esse resultado converge com o estudo de Pinto *et al.* (2021), no qual os maiores benefícios expressados foram a redução das atividades que não agregam valor, redução do tempo de ciclo e melhoria contínua dos processos.

GRÁFICO 9 – BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO *LEAN CONSTRUCTION*



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

Conforme o Gráfico 10, a maioria das empresas que adotaram as duas metodologias (BIM e *Lean Construction*) implementou uma metodologia e depois incorporou a outra e apenas uma empresa (14,3%) implementou o BIM e a construção enxuta em conjunto. A metade desses respondentes expõe que houve muitas melhorias e que os processos da empresa foram ainda mais otimizados quando aderida a segunda metodologia em conjunto. Na outra metade dos participantes, uma empresa aponta que houve melhorias, mas apenas uma metodologia já seria suficiente e um dos respondentes pontua que não houve melhorias e que a implementação conjunta foi desnecessária.

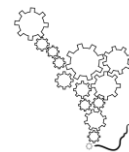
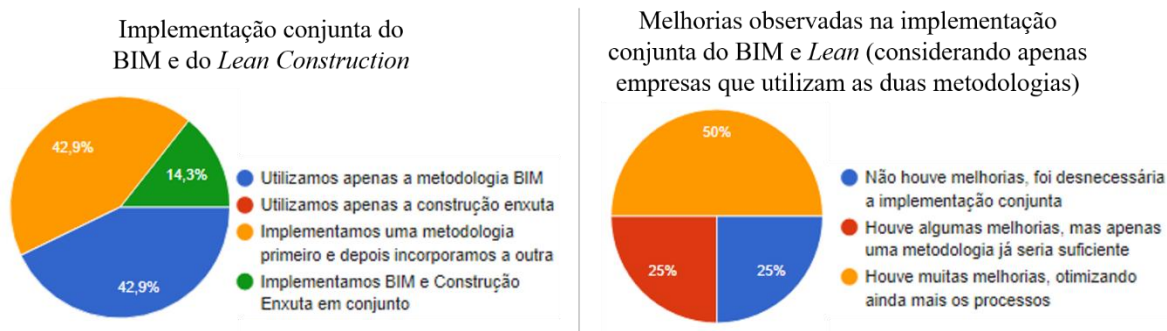


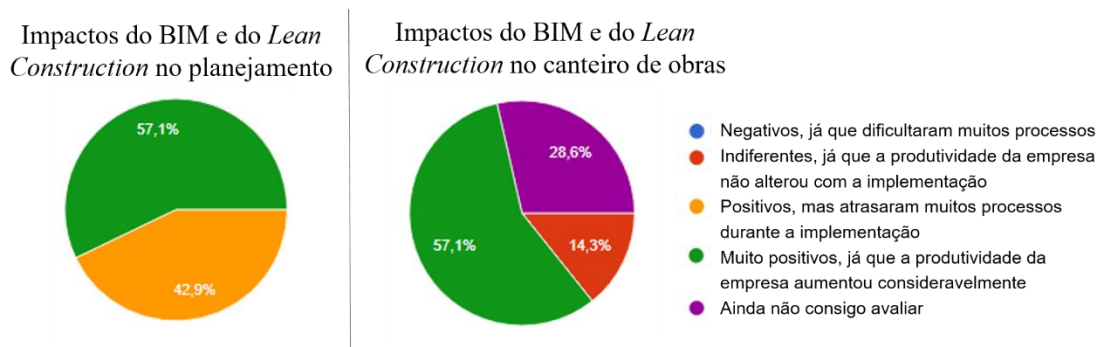
GRÁFICO 10 – MELHORIAS OBSERVADAS NA IMPLEMENTAÇÃO CONJUNTA (BIM E LEAN)



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

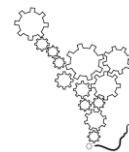
Considerando a baixa expressividade de empresas respondentes que utilizam ambas as metodologias, a amostra não foi satisfatória para reforçar os estudos de Sacks *et al.* (2010) e Garrido (2015), apresentando a melhoria dos processos da construção através da implementação conjunta do BIM e do *Lean* para além dos benefícios de qualquer uma das metodologias de forma independente. Ainda assim, algumas empresas apontaram as melhorias da implementação conjunta, induzindo que a integração entre BIM e *Lean Construction* pode ser positiva. Isso é ressaltado no Gráfico 12, que mostra os impactos do BIM e construção enxuta como muito positivos e capazes de aumentar significativamente a produtividade da empresa, apontados pela maioria dos respondentes.

GRÁFICO 12 – IMPACTOS DO BIM E LEAN CONSTRUCTION NO PLANEJAMENTO E CANTEIRO DE OBRAS



FONTE: DADOS EXTRAÍDOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM ANEXO (2021)

Todos os respondentes apontam que os efeitos da implantação do BIM e do *Lean* no planejamento dos projetos foram positivos: 57,1% pontuam os impactos como muitos positivos, aumentando a produtividade da empresa e 42,9% acham positivos, porém apontam que muitos processos atrasaram durante a implementação. Em relação ao canteiro de obras, a maioria considera os impactos da implementação do BIM e do *Lean* muito positivos e o restante dos respondentes se posiciona indiferente ou não consegue avaliar. Lembrando que a avaliação dos



impactos do BIM e do *Lean Construction* nos canteiros reflete a opinião dos participantes do questionário e não a experiência da empresa, já que nenhuma delas atua com execução de obras.

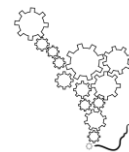
Em uma caixa aberta para comentários, foi ressaltado que as metodologias são extremamente importantes, pois permitem o trabalho com maior exatidão. Enfatizou-se também a opinião de que a maior dificuldade de implementação consiste na mudança cultural por parte dos profissionais, clientes e órgãos públicos e que é preciso respeitar processos para atingir os resultados com sucesso. Uma empresa ainda destacou que o motivo de não terem dificuldades em adotar o BIM e o *Lean Construction* nos empreendimentos que atuam, foi o fato de trabalharem com empresas que investem em tecnologia e processos de gestão, demonstrando a importância da integração dos processos entre todos os envolvidos.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos que a integração entre o BIM e o *Lean Construction* pode levar ao planejamento e à execução de obras, apresentando ainda um reforço à difusão do BIM e das práticas enxutas na construção. O BIM ainda é pouco utilizado no Brasil e a construção enxuta ainda tem uma interpretação menos explorada do que seus verdadeiros princípios.

O grande benefício da metodologia BIM é sua capacidade de integrar os projetos e todas as informações necessárias à sua execução e manutenção durante todo seu ciclo de vida, transmitindo uma visão mais realista e clara. E essa característica se relaciona muito bem com os princípios da construção enxuta, principalmente a transparência passada de forma objetiva a todos os níveis gerenciais e executivos envolvidos no projeto. Dessa forma, é possível notar impactos positivos na integração das duas metodologias, fortalecendo a gestão de obra, uma vez que essa conexão facilita as tomadas de decisão, a otimização de tarefas, a exclusão de etapas que não agregam valor, a diminuição de retrabalho, a redução do ciclo de produção e a redução de desperdícios, aumentando a qualidade e a satisfação dos clientes.

Algumas dificuldades foram percebidas, como a falta de profissionais qualificados, o maior tempo de treinamento desses funcionários, o custo elevado e a desconfiança no retorno financeiro. Uma grande dificuldade é a mudança de paradigma, profissionais acostumados com determinados *softwares* e processos, apresentam certa resistência em adotar as metodologias. Esses obstáculos levam à conclusão de que, apesar de os impactos da integração entre BIM e *Lean Construction* serem positivos, mais capacitação, treinamento e a mudança do padrão de



pensamento e cultura dos profissionais envolvidos são necessários para se atingir os resultados com sucesso.

Por meio do referencial teórico, foi possível conhecer o grande potencial do BIM e do *Lean Construction* e a viabilidade da integração dessas metodologias. E o questionário foi importante para ressaltar as vantagens que as metodologias podem trazer em situações reais de planejamento e execução de obras, além de reforçar a fundamentação teórica. No entanto, o número de empresas participantes do questionário foi pequeno para se fazer uma análise mais assertiva, além de algumas delas adotarem apenas a metodologia BIM.

A utilização de um questionário estruturado é comum ao estudar os fatores que afetam um fenômeno ou assunto específico, ainda assim sugere-se para trabalhos futuros o emprego de entrevistas nas quais os participantes possam expressar minuciosamente os benefícios e as causas dos problemas, ou estudos de caso que possibilitem estudar a implementação conjunta do BIM e *Lean Construction* e as barreiras enfrentadas pela empresa.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

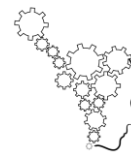
- Primeiro A. Autor e Segundo B. Autor foram responsáveis pela concepção e desenho do estudo e pela pesquisa bibliográfica. Primeiro A. Autor foi responsável pelo formulário, obtenção e análise dos dados.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. 114f. Dissertação de mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção. Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2009. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/55611371.pdf> <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1198/1/tcc_ana_paula_pronto-convertido.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.
- AL BALKHY, W.; SWEIS, R.; LAFHAJ, Z. Barriers to Adopting Lean Construction in the Construction Industry - The Case of Jordan. **Buildings**, 11, 222, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.3390/buildings11060222>
- CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JR., R.; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. **Entendendo BIM**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. v.1.
- CASTRO, A.P.G.R.; GUEDES, E., TROMBINE, J. Aplicação da Metodologia Lean Construction: estudo de caso em uma empresa de blocos no sul de Minas Gerais. In: FEPESMIG, 2019. **Anais [...]**. Minas Gerais: Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1198/1/tcc%20ana%20paula%20pronto-convertido.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2020.
- DU, J.; LIU, R.; ISSA, R. A. BIM Cloud Score: Benchmarking BIM Performance. In: American Society of Civil Engineers (ASCE), 2014. **Anais [...]**. University of Texas at San



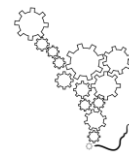
www.relainep.ufpr.br



- Antonio, 2014. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000891>
- FAUCHIER, D.; ALVES, T. Last Planner System is the Gateway to Lean Behaviors. In: Conf. Internacional Group for Lean Construction, 21., 2013, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: IGLC, 2013, pp. 559-568. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-4670ed41-cf8d-4c70-899a-db6a84634cbe.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2020.
- GARRIDO, M. C. **Análise da Aplicação de Modelagem da Informação da Construção no Planejamento e Controle da Produção em Canteiros de Obra Apoiando os Princípios da Construção Enxuta**. 191f. Dissertação de mestrado - Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42379/R%20-%20D%20-%20MARLON%20CAMARA%20GARRIDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1198/1/tcc_ana_paula_pronto-convertido.pdf. Acesso em: 07 dez. 2020.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Centre of Integrated Facility Engineering, 1992. Technical Report 72.
- MONTEIRO, A.; MARTINS, J.P. Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. In: International Conference on Engineering UBI, 2011, Covilhã. **Anais [...]**. Covilhã, Portugal: University of Beira Interior, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69849/2/60875.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2021.
- NAHIME, B.O.; NETTO, A.B.; AKASAKI, J.L.; SANTOS, I.S.; ALMEIDA, D.G.; SILVA, L.A.; SILVA, C.A. Aplicação da metodologia BIM e dos princípios da construção enxuta em obra comercial. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.6, n.8, p.60187-60194. 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-437>
- NERY, V.F.S.O.; MENDES JUNIOR, R.; ZATTAR, I. C. Produção Enxuta e Construção Enxuta: um paralelo entre técnicas. **Exacta**, v.16, n.3, p. 1-15, 2018. DOI:10.5585/ExactaEP.v16n3.7287
- 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**, v.136, n.9, p.968-980, 2010. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)
- SEBASTIAN, R.; VAN BERLO, L. Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands. **Architectural Engineering and Design Management**, v.6, p.254-263. 2010. <https://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS3>
- PINTO, G. O.; BASTOS, I. P.; MELLO, L. C. B. B.; SILVA, E. N.; MAGALHÃES, R. M. Estratégias para aplicação do BIM e Lean Construction nos canteiros de obras: um estudo de caso no estado do Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, p. 101263-101288, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-441>
- RISKE, J. **Sistemas BIM: Análise da Percepção de duas Empresas**. 57f. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3401/TCC%20JOSEANDRA%20RISKE.pdf?sequence=1>>http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1198/1/tcc_ana_paula_pronto-convertido.pdf. Acesso em: 19 jan. 2020.



www.relainep.ufpr.br



SILVA, L.R. **Aplicação do BIM integrado à Construção Enxuta, com enfoque no sistema Last Planner**. 96f. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Universidade Federal do Ceará, 2017. Disponível em:
<<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/28945>>http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1198/1/tcc_ana_paula_pronto-convertido.pdf. Acesso em: 19 dez. 2020.