

FUNDAÇÃO DOM CABRAL
Mestrado Profissional em Administração

**Desafios, barreiras e soluções na adoção do BIM e do *LEAN* para melhoria da
produtividade na Construção civil**

Bryan Michael Müller

Nova Lima

2022

Bryan Michael Müller

Desafios, barreiras e soluções na adoção do BIM e do *LEAN* para melhoria da produtividade na Construção civil

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Administração da Fundação Dom Cabral como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de concentração: Gestão Contemporânea das Organizações

Linha de Pesquisa: Estratégia

Orientador: Paulo Renato de Sousa

Nova Lima

2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca Walther Moreira Salles
Fundação Dom Cabral

Müller, Bryan Michael

M958d Desafios, barreiras e soluções na adoção do BIM e do LEAN para melhoria da produtividade na construção civil. / Bryan Michael Müller. - Nova Lima, 2022.
[Documento Eletrônico]

Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato de Sousa
Dissertação (Mestrado) – Fundação Dom Cabral. Programa de Mestrado Profissional em Administração.

1. Estratégia. 2. Construção civil. 3. Construção enxuta. I. Paulo Renato de Sousa. II. Fundação Dom Cabral. Programa de Mestrado Profissional em Administração. III. Título.

CDU: 355.43



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

No dia 21 de outubro de 2022 às 17h00, realizou-se a sessão pública virtual de defesa de dissertação, intitulada “Desafios, barreiras e soluções na adoção do BIM e do LEAN para melhoria da produtividade na Construção civil”, de autoria do mestrando Bryan Michael Muller, discente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu - Curso Mestrado Profissional em Administração – Gestão Contemporânea da Organizações. Concluído os trabalhos de apresentação e arguição, a dissertação foi:

- APROVADO¹
- APROVADO COM RESTRIÇÕES²
- REPROVADO

DocuSigned by:
Paulo Renato De Sousa 23 de outubro de 2022 | 18:06 BRT
Orientador: Prof Dr. Paulo Renato de Sousa – FDC

DocuSigned by:
Roberts Vinicius de Melo Reis 23 de outubro de 2022 | 05:43 BRT
Prof Dr. Roberts Vinicius de Melo Reis – PUC Minas

DocuSigned by:
Paulo Tarso Vilela de Resende 23 de outubro de 2022 | 03:25 PDT
Prof Dr. Paulo Tarso Vilela de Resende - FDC

¹ Aprovado sem restrições. O candidato deverá realizar a submissão da versão final da dissertação de Mestrado no prazo máximo de 30 (trinta) dias, na versão em PDF, juntamente com o formulário de autorização para sua disponibilização no site do Programa e na Biblioteca virtual da FDC.

² Aprovado com restrições. O candidato deverá realizar a submissão da versão final da dissertação de Mestrado no prazo máximo de 45 (quarenta e cinco) dias, na versão em PDF, juntamente com o formulário de autorização para sua disponibilização no site do Programa e na Biblioteca virtual da FDC.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa contou com a participação, colaboração e influência de diversas pessoas, empresas, entidades de classes e instituições de ensino que contribuíram direta e indiretamente para que os objetivos desta fossem alcançados.

Primeiramente, ao meu orientador e professor, que me orientou e motivou de forma extremamente profissional, transformando os momentos de orientação em incentivo e inspiração para melhorar cada vez mais, o que me fez crescer, aprender e interessar ainda mais pelo tema.

A minha mãe e esposa que, mesmo com todas as dificuldades, nunca deixaram de me motivar e acreditar no propósito que sempre tive de deixar um legado para o segmento da construção e suportar a realização deste sonho.

Ao meu pai que, mesmo não estando presente, sempre foi e será minha inspiração em buscar o melhor e nunca estar satisfeito com *status quo*, que o conhecimento nunca é suficiente e que sempre haverá espaço para o desenvolvimento.

Aos executivos que participaram desta pesquisa – e não poderei citar os nomes, por questões de sigilo e confidencialidade dos dados, pela disponibilidade, confiança e apoio.

À Fundação Dom Cabral, por todo o conhecimento, estrutura e suporte.

Aos professores da banca de qualificação, pelas críticas, sugestões e estímulo que foram fundamentais para a melhoria do conteúdo.

A todos os professores do Mestrado Profissional em Administração (MPA), especialmente aqueles que fazem parte da linha de pesquisa estratégia pela transferência de conhecimento.

Ao Sebastião Longuinho, que desde a indicação do programa MPA e ao longo da jornada foi um amigo e peça fundamental de incentivo técnico e pessoal.

A todos os colegas do MPA e especialmente aos amigos que fizeram parte de todo o processo: Raphael Silva, Adilson Demétrio, Erik Kruikowski, Renato Vergueiro, João Libanori, Paulo Octavio, Carlos Duílio, pela força, incentivo e apoio, ao longo da jornada.

A estatística e professora Alida, pela paciência, disponibilidade e orientações.

A Alvarez & Marsal, consultoria onde venho tendo a oportunidade de aplicar os resultados deste trabalho de maneira ampla, impactando positivamente a construção civil.

Acima de tudo, a Deus, por toda a força, energia e fortaleza.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é contribuir para a compreensão dos desafios, barreiras e soluções enfrentadas para a implementação do BIM (*Building Information Modeling*) e do LC (*Lean Construction*) com foco na indústria da construção civil brasileira. Para essa finalidade, foi realizada uma extensa revisão na literatura envolvendo os dois temas, uma pesquisa mista considerando uma etapa quantitativa através de uma *survey* respondida por 215 executivos da construção civil brasileira distribuídos em 15 estados do norte ao sul do país e uma pesquisa qualitativa com 15 executivos de alto nível nas organizações que tiveram experiência prática na implementação dos dois conceitos, considerando para a amostra diferentes subsegmentos da indústria e portes de empresa. Os resultados obtidos e a literatura apontam uma baixa adoção das soluções no segmento, considerando a pesquisa quantitativa dos 215 respondentes, 72 indicaram a implementação de pelo menos uma das estratégias e 32 indicaram a implementação das duas estratégias, o que é reforçado pela literatura com relação à baixa adoção dessas soluções na indústria da construção. Como os principais resultados no presente estudo foram identificadas e priorizadas como barreiras do LC: (i) liderança; (ii) resistência à mudança; (iii) filosofia de longo prazo e planejamento; e (iv) cobrança por resultados de curto prazo, e BIM: (i) liderança; (ii) demanda do cliente inexistente; (iii) profissionais BIM dedicados e qualificados; (iv) tempo; e (v) pouca difusão, e como soluções para a adoção do LC (i) iniciativa da liderança e (ii) capacitação como principais e BIM (i) capacitação e (ii) contratação de consultoria como principais. Os executivos em ambos os casos reforçam que tanto o LC quanto o BIM trazem mudanças de cultura e precisam ter o suporte da liderança da empresa e a capacitação dos profissionais como pontos fundamentais da transformação.

O estudo também contribui para a literatura existente evidenciando a sinergia entre o LC e BIM e os benefícios destes quando implementados em conjunto.

Palavras-chave: *Lean Construction*. BIM. Produtividade. Barreiras. Desafios. Construção Civil.

ABSTRACT

The objective of this study is to contribute to the understanding of the challenges, barriers and solutions faced for the implementation of BIM (Building Information Modeling) and LC (Lean Construction) with a focus on the Brazilian construction industry. To this purpose, an extensive literature review was conducted involving the two themes, a mixed research considering a quantitative step through a survey answered by 215 executives from the Brazilian construction industry distributed in 15 states from north to south of the country and a qualitative research with 15 senior executives in organizations that had practical experience in implementing the two concepts, considering for the sample different sub-segments of the industry and company sizes. The results obtained and the literature point to a low adoption of the solutions in the segment, considering the quantitative survey of 215 respondents, 72 indicated the implementation of at least one of the strategies and 32 indicated the implementation of both strategies, which is reinforced by the literature regarding the low adoption of these solutions in the construction industry. As the main results in this study, the following were identified and prioritized as LC barriers: (i) leadership; (ii) resistance to change.

(iii) long-term philosophy and planning; and (iv) charging for short-term results, and BIM: (i) leadership; (ii) non-existent customer demand; (iii) dedicated and qualified BIM professionals; (iv) time; and (v) limited diffusion, and as solutions to the adoption of LC (i) leadership initiative and (ii) training as main and BIM (i) training and (ii) hiring consulting as main. The executives in both cases reinforce that both LC and BIM bring culture changes and need to have the support of the company's leadership and the training of professionals as key points of the transformation.

The study also contributes to the existing literature by highlighting the synergy between LC and BIM and their benefits when implemented together.

Keywords: Lean Construction. BIM. Productivity. Barriers. Challenges. Civil Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide dos 4 pilares do <i>Lean</i>	19
Figura 2 - Comparação entre visões dos sistemas de produção	21
Figura 3 - Comparação entre os desperdícios <i>Lean</i> da manufatura e <i>Lean</i> na construção	22
Figura 4 - Subprincípios 4P's Toyota na construção – LC.....	23
Figura 5 - Estudos relacionados às principais barreiras de implementação do LC levantadas pelos autores.....	26
Figura 6 - Definições do BIM	29
Figura 7 - Estudos relacionados às principais barreiras e fatores críticos de sucesso na implementação do BIM levantadas pelos autores	31
Figura 8 - Fluxo evidenciando a integração do BIM e do LC trazendo benefícios	33
Figura 9 - Estudos relacionados às principais barreiras e fatores críticos de sucesso na implementação do BIM e LC levantadas pelos autores	34
Figura 10 - Barreiras de implementação LC	38
Figura 11 - Barreiras de implementação BIM.....	39
Figura 12 - Estrutura do roteiro para entrevista semiestruturada.....	41
Figura 13 - Pesquisa Qualitativa	49
Figura 14 - <i>Framework</i> VDC	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Adoção do BIM por países.....	28
Tabela 2 - Descritiva (n = 72).....	44
Tabela 3 - Validação dos construtos	45
Tabela 4 - Comparação dos grupos exclusivos <i>Lean</i> e que implementaram <i>Lean</i> e BIM	46
Tabela 5 - Comparação dos grupos exclusivos BIM e que implementaram <i>Lean</i> e BIM	47
Tabela 6 - Pergunta 1: Por que foi implementado o LC na sua empresa?.....	50
Tabela 7 - Como a implementação do LC trouxe benefícios para a organização? Quais?	53
Tabela 8 - Ao longo da jornada de implementação do LC na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?	58
Tabela 9 - Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas LC?	62
Tabela 10 - Por que foi implementado o BIM na sua empresa?	66
Tabela 11 - Como a implementação do BIM trouxe benefícios para a organização? Quais?	70
Tabela 12 - Ao longo da jornada de implementação do BIM na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?	73
Tabela 13 - Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?	76
Tabela 14 - Qual dos 2 conceitos LC e BIM foi implementando primeiro? Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, qual?	79
Tabela 15 - Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, qual?..	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI - Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações

BIM - Building Information Modeling

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEO - Chief Executive Officer

CIFE - Center for Integrated Facility Engineering

GSA - Serviço Geral de Administração

LC - Lean Construction

ICE - Integrated Concurrent Engineering

IGLC - International Group for Lean Construction

IMVP - International Motor Vehicle Programme

IPD - Integrated Project Delivery

JIT - Just in Time

LPS - Last Planner System

MIT - Massachusetts Institute of Technology

P&D - Pesquisa & Desenvolvimento

PIB - Produto Interno Bruto

SQC - Statistical Quality Control

TPS - Toyota Production System

TQM - Total Quality Management

TQC - Total Quality Control

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema de Pesquisa e Relevância	11
1.2 Pergunta de Pesquisa	14
1.3 Objetivo	14
<i>1.3.1 Objetivos específicos</i>	<i>15</i>
1.4 Justificativa	15
1.5 Estrutura proposta para a dissertação	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Lean e o Lean Construction	18
2.2 Barreiras na adoção do Lean Construction	25
2.3 Building Information Modeling (BIM)	27
2.4 Barreiras na adoção do BIM	30
2.5 Lean Construction e BIM	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 Definição constitutiva e operacional dos conceitos em estudo	35
3.2 Métodos e ferramentas estatísticas para análise de dados	39
3.3 Desenvolvimento das entrevistas qualitativas	40
3.4 Consolidação da pesquisa mista	42
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	43
4.1 Resultados da pesquisa quantitativa	43
4.2 Resultados da pesquisa qualitativa	49
4.2.1 Resultados Sumarizados das Entrevistas	50
<i>4.2.1.1 Principais pontos levantados nas entrevistas pelos entrevistados</i>	<i>50</i>
<i>4.2.1.2 Tópico 1 – Por que foi implementado o LC na sua empresa?</i>	<i>50</i>
<i>4.2.1.3 Tópico 2 - Como a implementação do LC trouxe benefícios para a organização? Quais?</i>	<i>53</i>
<i>4.2.1.4 Tópico 3 - Ao longo da jornada de implementação do LC na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?</i>	<i>58</i>
<i>4.2.1.5 Tópico 4 – Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas LC?</i>	<i>62</i>
<i>4.2.1.6 Tópico 5 – Por que foi implementado o BIM na sua empresa?</i>	<i>66</i>
<i>4.2.1.7 Tópico 6 – Como a implementação do BIM trouxe benefícios para a organização? Quais?</i>	<i>70</i>
<i>4.2.1.8 Tópico 7 – Ao longo da jornada de implementação do BIM na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?</i>	<i>73</i>
<i>4.2.1.9 Tópico 8 – Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?</i>	<i>76</i>

<i>4.2.1.9 Tópico 9 – Qual dos 2 conceitos LC e BIM foi implementando primeiro? Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, qual é?.....</i>	<i>79</i>
4.3 Consolidação da pesquisa mista	84
4.4 Considerações finais	85
REFERÊNCIAS	88
ANEXO A – Tabela utilizada como <i>survey</i>: Barreiras de implementação LC	98
ANEXO B – Tabela utilizada como <i>survey</i>: Barreiras de implementação BIM.....	99
APÊNDICE A – Estrutura do Roteiro para Entrevista Semiestruturada.....	100

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação tem o objetivo de contribuir para a compreensão das barreiras, desafios e soluções para implementação do LC (*Lean Construction*) e do BIM (*Building Information Modeling*), com foco na indústria da construção civil. Para essa finalidade, foi realizada uma pesquisa mista de forma a classificar e priorizar as principais barreiras de implementação, assim sendo (i) pesquisa quantitativa através de *survey* no segmento, realizada em novembro de 2021 envolvendo 215 respondentes, e (ii) pesquisa qualitativa envolvendo 15 executivos que participaram ativamente do processo de implementação desses conceitos, e buscar soluções adotadas para minimizar as barreiras encontradas.

1.1 Problema de Pesquisa e Relevância

A construção civil possui um papel relevante na economia brasileira como também mundial, representando 6% e 13% do PIB, respectivamente (Barbosa et al., 2017; DIEESE, 2020). Caracterizada por ciclos econômicos, sejam eles positivos ou negativos, a construção civil foi responsável por 6,4% do PIB do país nos períodos de 2013 e 2014, e após esse período regrediu a participação por 4 anos para 3,7% em 2019 (DIEESE, 2020). Segundo dados da CBIC (2022) em seu informativo econômico, a construção civil em 2021 cresceu 9,7%, sendo este o melhor desempenho desde 2010 (13,1%), atingindo o maior crescimento desde então, corroborando para o PIB brasileiro que encerrou o ano em 4,6%, sendo este também o melhor desempenho desde 2010 (7,5%). Em 2021, a construção foi responsável por 8,96% do total das novas vagas com carteira assinada criadas no Brasil em 2021 (CBIC, 2022).

O segmento busca se recuperar desde o ano de 2019, através da carência de infraestrutura, moradia e pelo aumento no crédito destinado à casa própria (CBIC, 2021). A recuperação pode ser retratada através de (i) déficit habitacional – no Brasil; em 2019, era de 7,8 milhões de unidades; até 2030, a estimativa é que esse número chegue a 11,4 milhões de unidades (ABRAINC, 2021); (ii) infraestrutura – segundo o Ministério da Infraestrutura (2021), foram entregues 108 obras em 2021 e contratados R\$900 bilhões da iniciativa privada para investimentos nos próximos 10 anos em diversos vetores e sub segmentos em todos países, e (iii) de acordo com ABECIP (2021), o volume de crédito imobiliário deve continuar crescendo, após ter batido recorde em 2020. O montante financiado em novembro de 2021 chegou a R\$171.85 bilhões, considerando uma alta de 85,4% em relação ao mesmo período de 2020.

O segmento da construção civil é retratado por improdutividade e com oportunidades de melhoria, podendo alcançar um potencial de agregação de valor de 1.6 trilhão de dólares anual, quando feita a comparação do valor médio agregado da construção civil com a economia global, sendo 25 USD/hora e 37 USD/hora, respectivamente (Barbosa et al., 2017). Em uma pesquisa realizada pelos autores Changali et al. (2015), que avaliaram a produtividade da construção civil no mundo, identificou-se que 98% dos megaprojetos de construção sofrem com sobrecustos ou atrasos, sendo que 80% dos projetos passam por sobrecustos e 20% terminam fora do prazo inicialmente estipulado. Outro dado relevante apontado em pesquisa em que foi avaliado o futuro da construção civil (Rajat et al., 2016), o investimento típico que a indústria faz em tecnologia é inferior a 1% do faturamento das empresas e, quando comparado ao segmento automobilístico e aeroespacial, o valor aumenta para 3.5% e 4.5%, respectivamente.

Um dos indicadores que medem o comportamento econômico de um segmento é a produtividade. No caso da construção civil, segundo Barbosa et al. (2017), o índice de evolução anual é de 1%, enquanto a manufatura avança 3.6%, e a média de evolução da economia global é de 2,7%. Essa improdutividade do segmento é representada por um somatório de fatores que o influenciam diretamente, como: (i) má gestão e execução do projeto; (ii) habilidades insuficientes da mão de obra; (iii) processos de projeto inadequados; (iv) subinvestimento no desenvolvimento de habilidades, P&D e inovação; (v) regulamentação do segmento; (vi) modalidades de contratação dos projetos; (vii) materiais (Barbosa et al., 2017; Johansen & Lorenz, 2007). Esses fatores influenciam negativamente na produtividade, porém, quando adotado o uso de melhores práticas, os resultados podem atingir um potencial de até 60% de aumento na produtividade e 38% em redução de custos (Barbosa et al., 2017). Dentre as principais alavancas para melhoria de performance, duas possuem maior relevância no contexto da construção civil: (i) melhorias operacionais e (ii) tecnologia (Barbosa et al., 2017).

Considerando melhorias operacionais como uma das alavancas para aumento de produtividade, foi evidenciada através de uma pesquisa (CNI, 2019) a adoção de boas práticas adotadas como “produção enxuta – na indústria da construção civil”. No estudo foi avaliada a adoção do *Lean Construction* (LC), representado por 15 técnicas: Trabalho padronizado; Programa 5s; Mapeamento do fluxo de valor; Gestão visual; Kaizen; Cinco porquês; *Layout* celular; TPM – Manutenção produtiva total; Kanban; Heijunka; Relatório A3; OEE – Eficiência global dos equipamentos; SMED – Troca rápida de equipamentos; Poka Yoke – Sistema à prova de erros; Yamazumi – Balanceamento do operador. Nesse estudo foi evidenciado o baixo nível de aderência na adoção de ferramentas e técnicas que podem aumentar a produtividade nos canteiros de obra. Segundo os dados da pesquisa, do total das 443 empresas pesquisadas, 19%

não adotam nenhuma das técnicas apresentadas, e outros 39% adotam de 1 a 3 de 15 técnicas pesquisadas – percentuais superiores quando comparados à indústria de transformação (8% e 19%, respectivamente). As empresas que adotam 10 ou mais técnicas representam 12%. Esse percentual na indústria de transformação representa 34%. Quando considerada na pesquisa a adoção das técnicas ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento, a porcentagem de empresas que não utilizam nenhuma técnica sobe de 19% para 50%, com isto as empresas que não utilizam nenhuma técnica ou utilizam de 1 a 3, quando somadas, o percentual sobe para 86% do total (CNI, 2019).

Na literatura, através do estudo de Barbosa et al. (2017), é evidenciado que o uso de tecnologias digitais permeando todo o ciclo de desenvolvimento dos projetos de construção faz parte das alavancas de melhoria de performance, aumentando produtividade, reduzindo retrabalhos e desperdícios com potenciais de aumento de produtividade de até 15% e com redução de custos globais da construção na ordem de até 6% (Barbosa et al., 2017). Em outro estudo realizado avaliando os principais segmentos da economia mundial e seus níveis de digitalização, constatou-se que o segmento da construção civil está em 21^a colocação em relação a 22 categorias, perdendo somente para agricultura e caça, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento do segmento em termos de digitalização (Rajat et al., 2016).

De forma a evoluir o segmento, foi desenvolvida uma solução a partir do uso integrado de informação de maneira digital, o *Building Information Modeling* (BIM). Através de uma plataforma digital, o BIM permite que as equipes de projeto possam compartilhar informações, visualizar as disciplinas de interface do projeto de maneira integrada e tomar decisões melhorando o desempenho (Mahalingam et al., 2015). A adoção do BIM tem sido uma solução amplamente utilizada internacionalmente no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), desde os anos de 2007, pelos Estados Unidos, e 2011 pelo Reino Unido, tornando-se uma prática obrigatória para projetos públicos, gerando ganho de eficiência através do BIM de 3 Bilhões de libras, considerando os anos de 2011 a 2015 (NBS, 2018). Na Noruega, o BIM já é uma realidade desde 2000 e torna-se uma obrigação a partir de 2010 para as edificações do setor público com o objetivo de melhorar a usabilidade dos ativos pelos inquilinos e usuários e reduzir os gastos de construção e manutenção (Kassem & Amorim, 2015). Os Estados Unidos também já fazem a adoção do BIM através do Serviço Geral de Administração (GSA), que formulou o Programa Nacional de BIM 3D e 4D. O programa estabelece diretrizes e a obrigatoriedade do BIM em todos os projetos de edifícios públicos, além de auxílio técnico e financeiro para a incorporação de tecnologias BIM. Estima-se que 79% das empresas de construção dos EUA já utilizam o BIM como solução digital em seus projetos e 74% no Reino

Unido (Kearney & MacDonald, 2019; Eastman et al., 2014). No Brasil, a adoção do BIM passa a ser decreto do Governo Federal – Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 –, que torna obrigatório o desenvolvimento de projetos em BIM a partir de 2021 (GOV.BR, 2020). Com essa medida, a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) espera um aumento de produtividade de 10% no setor da construção civil, além de uma redução de custos, podendo chegar a 20% (Vilaron 2021).

Aumentar a adoção de BIM e LC é uma condição-chave para melhoria da indústria da construção (Tezel et al., 2020; Dainty et al., 2017; Lam et al., 2017; Dave et al., 2013; Sacks et al., 2010).

O presente estudo busca trazer para a literatura brasileira de maneira inédita uma referência para o melhor entendimento e aplicação do LC e do BIM, auxiliando as empresas na adoção e sustentabilidade destes conceitos, na busca pela evolução da construção civil e melhoria da competitividade.

1.2 Pergunta de Pesquisa

O presente projeto busca se inserir na lacuna de baixa produtividade presente na construção civil, a partir da análise da adoção do LC e do BIM com foco nos desafios, barreiras, como também identificação das soluções para implementação de forma a facilitar a adoção destas no segmento da construção civil. O projeto é direcionado pela pergunta de pesquisa: **Quais os principais desafios, barreiras e soluções para a implementação do LC e BIM na construção civil?**

1.3 Objetivo

O objetivo geral desta dissertação é buscar entender, classificar e priorizar as barreiras que influenciam na implementação do LC e do BIM na construção civil brasileira, e a correlação entre LC e BIM. Para isto, o projeto consiste em realizar uma pesquisa mista no segmento através de uma *survey* quantitativa e entrevistas qualitativas com executivos que vivenciaram na prática a implementação dos dois conceitos, buscando entender as soluções adotadas para minimizar as barreiras levantadas.

1.3.1 Objetivos específicos

Podem-se listar como objetivos específicos deste trabalho:

- Levantar as barreiras de implementação do LC e BIM na construção civil através de uma revisão literária.
- Desenvolver uma pesquisa mista para classificar, ordenar e priorizar as barreiras para implementação do LC e BIM.
- Entender a correlação entre LC e BIM.

1.4 Justificativa

A adoção dos conceitos LC e BIM não deve ser considerada como conceitos dependentes, inclusive, existem estudos acadêmicos e publicações em que os dois conceitos são tratados de maneira independente, com resultados positivos. Porém, existem pontos de convergência em que a sinergia entre o LC e BIM pode vir a potencializar e aumentar a captura de valor quando implementados em conjunto e ao longo do ciclo de desenvolvimento do projeto (Sacks et al., 2010; Dave et al., 2013; Tezel et al., 2020).

Dave et al. (2013) em sua publicação referente à implementação de BIM e LC definem dois principais objetivos comuns que devem ser considerados como base para a implementação dos dois conceitos em projetos: (i) minimizar o desperdício físico e de processo, e (ii) melhorar a geração de valor para o cliente. Para o autor, quatro mecanismos entre o BIM e o LC podem ser identificados, sendo eles: (i) BIM contribui diretamente para as metas LC; (ii) BIM permite processos melhorados e contribui indiretamente para os objetivos LC; (iii) sistemas de informação auxiliares, possibilitados pelo BIM, contribuem direta e indiretamente para as metas LC; (iv) os processos LC facilitam a implementação do BIM nas organizações.

Em um estudo publicado em 2019 pelos autores Tezel et al. (2020) foi realizada uma revisão literária identificando a adoção do LC e BIM em pequenas e médias empresas. O estudo evidenciou que, das 114 publicações, 73 destinam-se a BIM, 34 LC e 7 LC e BIM. Segundo os autores, fica evidente a baixa quantidade de publicações referentes aos temas quando tratados de maneira simultânea, apresentando um *gap*, seja acadêmico ou prático. Das publicações avaliadas, os autores evidenciam um *gap* levantado pelos demais autores estudados sobre a necessidade do aumento de publicações envolvendo os conceitos LC e BIM de maneira conjunta, considerando o desenvolvimento de teorias e parâmetros de implementação,

frameworks, modelos de disseminação, mecanismos de treinamento e fatores críticos de sucesso. Os autores Sacks et al. (2010) também reforçam em seu artigo a necessidade da implementação integrada entre LC e BIM, seus benefícios e a necessidade de mais estudos teóricos e práticos no tema.

Em outro estudo realizado na Índia por Mahalingam et al. (2015), foi desenvolvido um estudo de caso avaliando a implementação do BIM e do LC em um projeto de construção metroviário. No projeto em questão conduzido por Mahalingam et al. (2015) foi realizado um estudo através da metodologia de pesquisa-ação considerando a implementação dos dois conceitos LC e BIM de forma a avaliar os resultados obtidos. Para o estudo foram considerados dois cenários práticos, sendo o primeiro utilizando somente BIM e o segundo LC e BIM. Como conclusão do trabalho, os autores confirmam os ganhos obtidos no projeto através do cenário utilizando os dois conceitos de forma que na prática o LC atua como um facilitador na implementação do BIM. Juntos, ambos podem gerar melhores resultado ao projeto, como aumento de produtividade e melhor aderência aos prazos pactuados. Como conclusão dessa pesquisa, os autores reafirmam a necessidade de mais estudos envolvendo BIM e LC e a carência do segmento na adoção de melhores práticas com foco em *performance*.

Esta pesquisa foi desenvolvida com foco na identificação, classificação e entendimento dos desafios, barreiras e soluções para a implementação do BIM e do *LEAN* na construção civil brasileira, de forma a trazer para o segmento uma visão prática do que são as barreiras e um aprofundamento em como minimizá-las, tornando a implementação cada vez mais presente no segmento. Trata-se de uma pesquisa com caráter inédito, pois, como apresentado, existe um *gap* atual na literatura acadêmica e nas organizações em que a integração dos dois conceitos ainda é pouco explorada, e, quando existente, os casos são pouco práticos e não retratam a realidade brasileira, considerando casos internacionais em sua grande maioria (Tezel et al., 2020; Sacks et al., 2010; Mahalingam et al., 2015; Evans & Farrell, 2020; Dave et al., 2013). As barreiras de implementação fazem parte de um contexto em que existem diversas dificuldades que fazem com que os conceitos não sejam implementados, seja de maneira individual ou conjunta, de forma a explorar todo o potencial considerando o aumento da maturidade do segmento, seja em termos de gestão ou de tecnologia, para uma melhor tomada de decisão e aumento de agregação de valor nos projetos (Dave et al., 2013; Tezel et al., 2020; Fosse et al., 2017).

A metodologia de pesquisa será mista, seguindo as recomendações de Hanson et al. (2005) e Creseill e Clark (2013), iniciada por uma *survey* no segmento da construção civil suportada pela FDC através do seu portfólio de contatos no segmento e também pela rede de

contatos profissionais e LinkedIn do autor, identificando: (i) aderência à utilização das metodologias LC e BIM na construção civil, seja não implementado, parcialmente de maneira individual LC ou BIM ou conjunta LC e BIM; (ii) através de pesquisas já existentes relacionadas às barreiras de implementação do BIM e do *Lean*, aplicados no mercado internacional, de forma a priorizar e avaliar as mais relevantes no segmento brasileiro.

A partir da pesquisa quantitativa realizada, serão feitas entrevistas qualitativas, seguindo as recomendações de Yin (2016), Creswell (2014), Creswell e Clark (2013) com executivos que fazem parte de empresas do segmento da construção civil que passaram ou estão em fase de implementação do BIM e do LC com foco em minimizar as barreiras enfrentadas na implementação. Será apresentada com base nas entrevistas uma proposta considerando sugestões de minimização das barreiras levantadas com foco em contribuir para a indústria da construção, tendo em vista a importância do fenômeno estudado. Serão utilizados como plataforma de acesso contatos do autor dentro da indústria da construção em diferentes subsegmentos e portes de empresa, de forma a trazer heterogeneidade nas respostas e amplitude de soluções.

1.5 Estrutura proposta para a dissertação

O projeto de dissertação está distribuído em 5 capítulos. O primeiro refere-se à introdução, apresentando o tema de pesquisa e a justificativa.

Passada a etapa inicial, o segundo capítulo é desenvolvido ao referencial teórico, que será uma consequência da revisão de literatura.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia de pesquisa proposta para o trabalho.

Em seguida, o capítulo 4 trata da análise dos dados coletados através da pesquisa mista.

Por fim, a discussão e as contribuições e limitações do trabalho virão no capítulo 5, com a conclusão do estudo. As últimas seções serão referentes às referências e anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Lean* e o *Lean Construction*

Com o crescimento da economia, a constante necessidade de geração de valor pelas empresas, alta demanda e aumento da competitividade, novas soluções foram desenvolvidas ao longo do tempo (Barbosa et al., 2017; Koskela, 2000). A Toyota se destacou através do TPS (*Toyota Production System*), desenvolvido por Taiichi Ohno, adotando princípios com foco na melhoria operacional e qualidade das fábricas da Toyota. Muitos conceitos foram iniciados a partir de influências dos Estados Unidos e de *benchmark* em 1929 e 1950, evoluídos no Japão por Ohno e executivos da Toyota e disseminados pelo mundo (Ohno 1988; Womack et al., 1990). O TPS ganhou notoriedade e sucesso quando o IMVP (*International Motor Vehicle Programme*) publicou um estudo (Womack et al., 1990), em que apresentou claramente que existia algo diferente nas fábricas da Toyota através de dados empíricos com o livro “A Máquina que mudou o mundo”, no qual pela primeira vez utiliza o termo *Lean* para esse conceito de eficiência e qualidade retratados pela Toyota. O estudo realizado pelo IMVP foi organizado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) por volta dos anos 80 com foco no maior entendimento das técnicas inovadoras adotadas pelos japoneses dado o sucesso no segmento automobilístico (Womack et al., 1990).

Os fundamentos do *Lean* foram desenvolvidos após a Segunda Grande Guerra, em que o Japão estava devastado e precisava se reinventar para conseguir reerguer sua economia (Womack et al. 1990). Nesse sentido, os fundadores e executivos da Toyota tiveram o desafio colocado pelo presidente da época, Kiichiro Toyoda, de "alcançar os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá" (Ohno, 1988; Womack et al., 1990). Na época, a produtividade japonesa era nove vezes inferior à produtividade americana e, em função da atual restrição financeira vivenciada pelo país, competir com a indústria americana não seria factível (Womack et al., 1990). O conceito de produção em massa tradicional não seria uma solução adotada pelos japoneses, nesse sentido, os conceitos adotados pela Toyota deveriam ser de flexibilidade, diversificação de produtos, baixos estoques, alta qualidade e alto valor agregado das operações, sempre focando na melhor utilização do capital financeiro, restrito pelo momento pós-guerra (Ohno 1988; Shingo 1981). A partir dos desafios vivenciados pela Toyota, 5 princípios principais nortearam a companhia e todo o desenvolvimento da filosofia *Lean*, sendo eles: (i) especificar valor de forma a identificar o que é valor agregado sempre na ótica do cliente; (ii) identificar o fluxo de valor

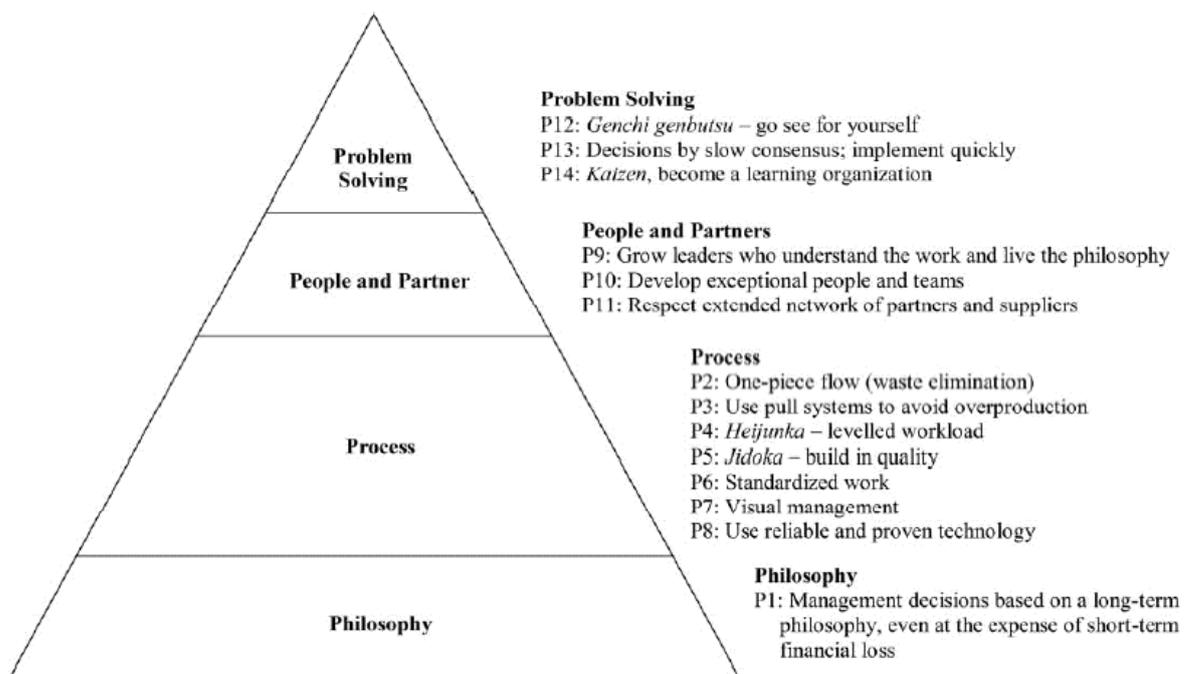
com foco na geração de valor através da melhoria de processos; (iii) fluxo contínuo, criando uma produção contínua sem interrupções; (iv) produção puxada de forma a produzir uma peça por vez, produzindo a necessidade do cliente, e (v) perfeição, buscando a melhoria contínua em todos os processos, pessoas, produtos com foco na agregação máxima de valor ao cliente (Womack & Jones, 1996).

Conceitos também foram desenvolvidos por Demming, TQM – Total Quality Management – existindo um foco na qualidade final dos produtos, empoderamento da mão de obra operária e melhoria contínua –, TQC Total Quality Control e SQC Statistical Quality Control –, que reduziram dramaticamente os erros derivados por falta de qualidade ao longo do processo produtivo (Walton, 1986) e adotados pela Toyota.

Posteriormente, o *Lean*, apresentado por Womack et al. (1990), Womack e Jones (1996), começa a evoluir de um conceito composto por técnicas e ferramentas de melhoria operacional para uma mudança cultural, que se baseia no Toyota Way disseminado por Liker (2004), descrito a partir de uma pirâmide que consiste em 4 pilares: solução de problemas, pessoas e parceiros, processos, filosofia, sendo cada um deles decomposto por 14 princípios, conforme Figura 1.

Figura 1

Pirâmide dos 4 pilares do *Lean*



Recuperado de *The Toyota Way – 14 Management Principles from the Worlds Greatest Manufacture*, de Liker, J. K., 2004.

Segundo Shang e Pheng (2014), após a multiplicação do *Lean* na indústria automobilística, a sua adoção e adaptação para outras indústrias tornou-se realidade desde a publicação do Toyota Way (Liker, 2004) e *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996). O sucesso atribuído ao *Lean* está dividido em alguns fatores: (i) uma nova forma de pensar (Shook, 1997); (ii) comportamento organizacional (Sim & Rogers, 2009); e (iii) cultura de redução de desperdícios, resolução de problemas e desenvolvimento de pessoas (Liker, 2004).

No setor da construção civil, o *Lean* vem sendo estudado e debatido desde 1992, através do finlandês Lauri Koskela, com o relatório técnico nº. 72 – *Application of the New Production Philosophy to Construction*, publicado pelo CIFE (Center for Integrated Facility Engineering), ligado à Universidade de Stanford, EUA, que se tornou um clássico na literatura. Após o lançamento do relatório e a adaptação dos conceitos desenvolvidos na manufatura para a construção, o termo *Lean Construction* (LC) é instituído e começam os diversos debates em torno do tema. Koskela (1992) identifica em seu estudo teórico três características que diferenciam a indústria da construção civil em relação à manufatura: (i) produção no local; (ii) natureza única de projetos, e (iii) complexidade (multiorganização temporária e intervenção regulatória).

Em 1993 é fundado o International Group for Lean Construction (IGLC, 2021), focado em reunir as práticas de LC e evoluir o tema de maneira global através da academia de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) de forma a suportar o progresso da construção civil através do *Lean*. Uma evolução importante é dada ao LC com as publicações realizadas por Glenn Ballard e Gregory Howell, a partir de 1993, desenvolvendo os conceitos de *Lean Project Delivery* e o *Last Planner System* (Albalkhy & Sweis, 2020), conceitos com viés prático que se somaram ao trabalho inicialmente conceitual desenvolvido por Koskela, em 1992.

O LC vem sendo implementado mundialmente (Albalkhy & Sweis, 2020; IGLC, 2021) com resultados empíricos relacionados a redução de custos, antecipação de prazos, aumento da qualidade, melhoria da gestão, redução dos estoques, previsibilidade nos ciclos produtivos, maior produtividade da mão de obra e satisfação do cliente (Ko, 2010; Farrar et al., 2004; Mossman, 2009; Simonsson & Emborg, 2007; Mohan & Iyer, 2005; Salem et al., 2006; Koskela, 1992; Egan, 1998; Diekmann et al., 2004). A implementação do LC implica um conjunto de ferramentas e técnicas com o objetivo de eliminar desperdício no processo construtivo (Garnett et al., 1998).

Conforme (Koskela, 1992), princípios adaptados do *Lean* para a construção devem ser desenvolvidos e aplicados ao se implementar o LC, sendo eles:

1. Reduzir a participação de atividades que não agregam valor.
2. Aumentar o valor da produção através da consideração sistemática das necessidades dos clientes.
3. Reduzir a variabilidade.
4. Reduzir os tempos de ciclo.
5. Simplificar, minimizando o número de passos, partes e conexões.
6. Aumentar a flexibilidade de saída.
7. Aumentar a transparência do processo.
8. Foco no controle de todo o processo.
9. Construir a melhoria contínua no processo.
10. Melhorar o fluxo de equilíbrio com a melhoria da conversão.
11. *Benchmark*.

Segundo Koskela (1992), a filosofia *Lean* de produção foca na redução das atividades que não agregam valor de forma a reduzir o custo dos processos, incorporando também a visão da qualidade que, quando somadas, podem vir a ter ganhos ainda maiores no processo (Figura 2).

Figura 2

Comparação entre visões dos sistemas de produção

	Visão Convencional	Visão da Qualidade	Nova Filosofia de Produção
<u>Custo total de um processo</u>		Custo da baixa qualidade	Custo das atividades que não geram valor
<u>Racional de melhoria de desempenho</u>	Aumento da eficiência do processo	Redução do custo pela falta de qualidade e aumento da eficiência do processo	Redução ou eliminação de atividades que não geram valor e aumento da eficiência nas atividades que geram valor

Adaptado de *An exploration towards a production theory and its application to construction*, de Koskela, L., 1992.

Para Koskela (1992), o LC é uma forma de projetar sistemas de produção para minimizar o desperdício de materiais, tempo e esforço, gerando a maior quantidade possível de valor ao cliente.

Na Figura 3 é apresentada uma comparação dos desperdícios na manufatura e na construção civil segundo Diekmann et al. (2004).

Figura 3

Comparação entre os desperdícios *Lean* da manufatura e *Lean* na construção

Tipo de desperdício	<i>Lean Manufacturing</i>	LC
Superprodução	Produção de demasiadas unidades ou peças devido à natureza empurrada da fabricação.	Construção excessiva de um determinado elemento de um projeto, seja por ter sido superprojetado ou ter sido iniciado um processo antes que ele fosse realmente necessário.
Espera	Tempo gasto esperando o próximo lote de peças chegar do processo de conversão anterior. Tempo de espera para que uma máquina termine.	Tempo gasto esperando que outras equipes de trabalho terminem seu processo particular de conversão para que o próximo processo de conversão possa começar.
Transporte	Desperdício de esforço para transportar materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do armazenamento entre processos.	Desperdício de esforço para transportar componentes ou ferramentas de construção para dentro ou fora das frentes de aplicação.
Excesso de processamento	Fazendo mais trabalho do que é necessário.	Desperdícios associados a retrabalho, remanejamento ou estocagem causados por defeitos de projeto, fabricação ou atividades de construção não planejadas.
Estoque	Manter o excesso de estoque de matérias-primas, peças em processo ou produtos acabados.	Manter o excesso de estoque de componentes, equipamentos ou ferramentas de construção.
Movimentação	Desperdício associado ao movimento desnecessário de trabalhadores/equipamentos entre os postos de trabalho.	Desperdício associado à movimentação desnecessária de trabalhadores/equipamentos em torno do canteiro de obras.
Defeitos	Reparo ou retrabalho.	Problemas no produto que requerem trabalho adicional ou retrabalho para corrigir itens da lista de entrega do projeto.

Adaptado de *Application of Lean manufacturing principles to construction (CII Report 191)*, de Diekmann, J. E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T., & Wonis, S., 2004.

A partir dos conceitos LC, em um estudo de caso de melhoria de processos realizados pelos autores Bajjou e Chafi (2020) implementando três princípios "fluxo contínuo", "produção puxada" e "perfeição" ao processo original, a melhoria revelou 41% de incremento na

produtividade do processo, 14% de melhoria na eficiência do processo e 17% de redução do tempo de ciclo.

Liker (2004) apresentou em seu livro “O modelo Toyota” os 4 pilares *Lean*: solução de problemas, pessoas e parceiros, processos, filosofia. Dentre eles, o pilar referente a processo considerado um *layer* tático possui maior distinção em relação ao *Lean* da Manufatura tradicional e o LC. No artigo desenvolvido por Gao e Sui Pheng (2014), esses conceitos adaptados à construção são apresentados de maneira mais clara na Figura 4 explicativo.

Figura 4

Subprincípios 4P’s Toyota na construção – LC

Subprincípios: 4P’s Toyota P: Processos	Implementação LC
<p>P2. Fluxo unitário</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redução de desperdício • Fluxo de trabalho constante (<i>takt time</i>; melhor utilização espaço etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de processos • Plano logístico eficiente • Entrega JIT de material • Redução da movimentação e transporte • Redução de defeitos • Outras formas de redução de desperdícios envolvidos nessa categoria • Sincronizar a sequência da quantidade de material e a entrega de componentes com a necessidade de consumo da construção. • Garantir que áreas de trabalho adequadas estejam sempre disponíveis. • Balanceamento do uso da mão de obra
<p>P3. Sistema puxado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puxar da necessidade do cliente (incluindo ambos os clientes internos e externos). • Utilizar ferramenta Kanban. • Metodologia de planejamento puxado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar a entrega do material JIT (<i>just in time</i>) diretamente ao ponto de uso. • Utilizar dispositivos ou ferramentas simples para indicar a ordem de solicitação. • Tarefas puxadas através do cronograma, determinando o que cada subempreiteiro necessita antes que as tarefas iniciem. • Garantir que as novas tarefas só iniciem quando as tarefas anteriores estiverem concluídas, e todas as tarefas necessárias e recursos estiverem disponíveis.

(Continua)

(Continuação)

Subprincípios: 4P's Toyota P: Processos	Implementação LC
<p>P4. <u>Nivelamento da carga de trabalho (Heijunka)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Nivelar a carga de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilização do LPS (<i>Last Planner System</i>): quatro níveis de plano. Buscar compromissos dos encarregados/supervisores ou subempreiteiros para executar uma determinada tarefa de trabalho considerando o tempo especificado. Reunião conjunta para remover restrições que afetam a regularidade da carga de trabalho.
<p>P5. <u>Qualidade de Construção</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Parar e resolver o problema. Uso de prova de erros. Envolvimento dos funcionários e empoderamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Um plano de inspeção no processo construtivo para evitar retrabalho. Revelar e resolver problemas na fonte, pois eles ocorrem. Os projetistas são encorajados a usar o <i>design</i>-padrão dos elementos e características. Os fornecedores são encorajados a fazer ou modificar produtos para facilitar a prova de erros. Os subcontratados são encorajados a padronizar o processo. Cultivar a cultura da “qualidade <i>build-in</i>” através do ativo envolvimento e empoderamento dos funcionários. Motivar os funcionários a assumir a responsabilidade pela qualidade.
<p>P6. <u>Trabalho Padronizado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Procedimento de operação padronizado. Melhorar continuamente a padronização. Materiais padronizados, componentes etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de escrita clara, de fácil acesso e atualizada em determinados processos (ou seja, definir o conteúdo, sequência, termos e resultados esperados). Incentivar engenheiros, encarregados, supervisores e até trabalhadores a contribuir para os novos padrões dos atuais processos. Maior utilização de material padronizado, componentes e pré-montagem.
<p>P7. <u>Controle Visual</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Sistemas de controle visual para agregar valor ao trabalho. Prática de 5-S. 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de ferramentas visuais para destacar o <i>status</i> do cronograma, qualidade, segurança etc., para os trabalhadores. Uso de ferramentas visuais para destacar a logística do tráfego, armazenamento de material, atribuições de zonas de trabalho etc., para os trabalhadores. As informações da gestão visual devem ser atualizadas regularmente e visíveis para a maioria dos trabalhadores. Tornar o local de trabalho limpo e organizado e o armazenamento ordenado. Ferramentas e materiais de construção devem ser estocados e organizados.

(Continua)

(Conclusão)

Subprincípios: 4P's Toyota P: Processos	Implementação LC
<p>P8. Uso de tecnologia confiável</p> <ul style="list-style-type: none"> • Testar minuciosamente novas tecnologias. • A tecnologia deve apoiar as pessoas. • A tecnologia deve melhorar o fluxo de trabalho. • A tecnologia deve apoiar aos valores das empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> • As empresas de construção também devem seguir essas diretrizes na adoção de novas tecnologias, se houver.

Adaptado de *Barriers to Lean implementation in the construction industry in China*, de Gao S. e Sui Pheng, 2014.

2.2 Barreiras na adoção do *Lean Construction*

O LC foi introduzido na construção nos anos 90 e, desde então, vêm sendo desenvolvidos diversos estudos acadêmicos, fóruns e comunidades com foco em disseminar o conhecimento a partir das práticas implementadas (IGLC, 2021). Parte dos estudos envolvendo LC podem ser relacionados às barreiras ou aos desafios vivenciados ao longo da implementação que impedem que todo o potencial seja extraído do conceito de forma a garantir resultados sustentáveis não apenas no curto, mas considerando também médio e longo prazos para as empresas. Com base em uma pesquisa realizada por Blanchard (2007) relacionada à implementação de *Lean* em 433 empresas americanas, identificou-se que somente 26% alcançaram resultados substanciais com a metodologia.

Koskela (1992) reforça que o LC requer mudanças de paradigma e que o processo de transformação é longo tanto na prática quanto na teoria. Segundo Diekmann et al. (2004), "*Lean* não pode ser reduzido a um conjunto de regras ou ferramentas. Ele deve ser abordado como um sistema de pensamento e comportamento que é compartilhado através do fluxo de valor". Para Milberg e Walsh (2012), o LC possui três desafios enfrentados pelos praticantes, pesquisadores e educadores: (i) um desafio é referente à quantidade de significados (sejam eles denotados ou conotados) quando aplicado à construção; (ii) o outro desafio é ter acadêmicos trabalhando com praticantes da indústria na adaptação de conceitos/sistemas; e (iii) o terceiro desafio é que, sem um esforço contínuo envolvendo as pessoas em experiências de aprendizagem representativas, o LC pode ser visto como uma moda na indústria da construção.

Em outro estudo realizado a partir de uma revisão literária considerando o período de 1992 a 2012, relacionando as barreiras para implementação do *Lean*, os autores Jadhav et al.

(2014) classificaram 24 barreiras, sendo as 3 principais mais citadas: (i) falta de recursos para investir ou necessidade alta de investimentos/custos ou restrições financeiras; (ii) falta de envolvimento da gerência superior/sênior; (iii) atitude ou resistência dos trabalhadores. Bhasin (2012) cita em seu artigo, relacionando a implementação *Lean* de sucesso, que depende de uma mudança cultural profunda e abrangente, que vai além do que as empresas têm previsto. Segundo o autor, a implementação de sucesso não é rápida, e como muitas empresas buscam resultados de curto prazo, ainda no primeiro ano de implementação se frustram, e a maioria das implementações falham, sendo atribuíveis à cultura e à mudança.

Diversos outros estudos foram realizados considerando as barreiras de implementação específicas do LC. Os artigos a serem apresentados foram avaliados na busca por periódicos científicos de alta relevância. Considerando a premissa de similaridade com o tema em estudo, foram selecionados para uma análise mais detalhada os artigos referenciados em periódicos A1, A2, A3 e B2, utilizando como referência periódicos da base Emerald Insight, como: Construction Innovation; Journal of Engineering, Design and Technology; International Journal of Productivity and Performance; International Journal of Lean Six Sigma; Journal of Technology Management in China, entre outros também de referência, como Total Quality Management, as maiores classificações pela escala da CAPES, conforme Figura 5.

Figura 5

Estudos relacionados às principais barreiras de implementação do LC levantadas pelos autores

Autor	Tipo de estudo	Quantidade de barreiras totais avaliadas	Principais barreiras <i>Lean Construction</i> priorizadas
Gao e Sui Pheng (2014)	Pesquisa em larga escala com profissionais da construção civil	22	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de uma filosofia de longo prazo. • Ausência de uma cultura <i>Lean</i> em suas organizações. • Uso de subcontratação multicamadas.
Khaba e Bhar (2017)	Extensa revisão de literatura e subsequente obtenção de opiniões de especialistas	13	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência à mudança. • Falta de sistemas de medição de desempenho.
Jamil et al. (2018)	Revisão de literatura e questionário estruturado com profissionais da construção	22	<ul style="list-style-type: none"> • Barreiras relacionadas ao cliente. • Barreiras de padronização. • Barreiras tecnológicas. • Barreiras de desempenho e conhecimento.

(Continua)

(Conclusão)

Autor	Tipo de estudo	Quantidade de barreiras totais avaliadas	Principais barreiras <i>Lean Construction</i> priorizadas
Bygballe et al. (2018)	Revisão sistemática da literatura	29	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência da administração à mudança. • Falta de apoio e comprometimento da alta administração. • Falta de envolvimento e transparência entre as partes interessadas. Resistência dos funcionários à mudança. • Medo de práticas desconhecidas. • Falta de conscientização adequada sobre o <i>Lean</i>. • Compreensão, treinamento insuficiente para os trabalhadores.
Mano et al. (2020)	Revisão sistemática da literatura científica, trabalhos envolvendo conferências sobre LC e estudo com especialistas em LC	83	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de comprometimento da equipe. • Dificuldade de obter apoio e de compromisso da alta administração. • Resistência à mudança dos líderes. • Dificuldade em centralizar o foco do negócio do cliente. • Resistência à mudança por parte dos funcionários. • Incapacidade de medir o progresso do projeto <i>Lean</i>. • Centralização das decisões. • Falta de preparação por parte dos gerentes para conduzir a mudança.
Albalkhy e Sweis (2020)	Revisão sistemática da literatura científica	29	<ul style="list-style-type: none"> • Falta do foco no cliente. • Falta de planejamento para a qualidade. • Falta de compreensão adequada do <i>Lean</i>. • Falta de uma filosofia de longo prazo. • Fracos incentivos e treinamento para trabalhadores e profissionais. • Falta de apoio da alta administração.

2.3 Building Information Modeling (BIM)

A tecnologia BIM mudou a forma como os projetos de construção são desenhados, geridos e construídos e vem se tornando cada vez mais usual na AECO (Indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações), conforme Succar (2009). Gerando resultados ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, o BIM vem sendo aprimorado desde 1970 por Charles M. Eastman, porém tomando maior representatividade em nível global nos últimos 10 anos (Wong et al., 2010; Sun et al., 2017). Em termos de evolução e utilização

do BIM, os Estados Unidos foram os pioneiros na evolução e maior adoção da tecnologia, de forma que o seu crescimento no mercado da construção foi de 28%, em 2007, para 79% em 2015 (Wong et al., 2010; Eastman et al., 2014). No Reino Unido, a utilização do BIM, que era de 13%, em 2011, é de 74% em 2018 (Kearney & MacDonald, 2019). Em termos de utilização global, outros países também vêm adotando a tecnologia BIM através de agências do governo que tornaram mandatória a sua utilização em obras públicas, como também associações da AEC dos países, padronizando e suportando a disseminação do conceito, como na região da Escandinávia, Singapura, Japão, Austrália, Brasil, Índia e China (Ullah et al., 2019).

Em um estudo realizado por Ullah et al. (2019) foi avaliada a porcentagem da utilização do BIM em diversos países, conforme Tabela 1.

Tabela 1

Adoção do BIM por países

País	Adoção do BIM – Porcentagem e Ano
Austrália	67% - 2016
Canadá	78% - 2018
China	67% - 2014
República Checa	25% - 2016
Dinamarca	78% - 2016
Estônia	51% - 2015
Japão	46% - 2016
Polônia	23% - 2018
UK	74% - 2018
USA	79% - 2015

Adaptado de *An overview of BIM adoption in the construction industry: benefits and barriers*, de Ullah K., Lill, I., Witt, E., 2019.

Segundo Eastman (1999), o ciclo de vida do empreendimento pode ser descrito em seis etapas: viabilidade, projeto, planejamento da construção, construção, operação e demolição. A maturidade da implementação BIM, para Succar (2009), pode ser compreendida em 5 fases: (i) Pré-BIM – manual, 2D e 3D CAD; (ii) BIM fase 1 – modelagem baseada em objetos; (iii) BIM fase 2 – colaboração baseada em modelos; (iv) BIM fase 3 – integração em rede; (iv) IPD Integrated Project Delivery – visão de longo prazo de implementação BIM. Além da avaliação da maturidade através das fases, Succar (2009) também apresenta que para cada fase devem ser desenvolvidos e integrados tecnologia, processos e políticas.

Algumas definições relacionadas ao BIM, conforme Figura 6.

Figura 6

Definições do BIM

Autor	Definição
Eastman et al. (2014)	Uma tecnologia de modelagem e conjunto associado de processos para produção, comunicação e análise dos modelos de construção.
Eastman et al. (2008)	Verbo ou frase adjetiva para descrever ferramentas, processos e tecnologias que são facilitados pela documentação digital e legíveis por máquina sobre um edifício, seu desempenho, seu planejamento, sua construção e, posteriormente, sua operação.
Autodesk (s.d)	BIM é o processo holístico de criação e gerenciamento de informações para um recurso construído. Com base em um modelo inteligente e habilitada por uma plataforma na nuvem, a BIM integra dados estruturados e multidisciplinares para produzir uma representação digital de um recurso em todo o seu ciclo de vida, desde o planejamento e o projeto até a construção e as operações.
Tekla (2022)	BIM significa automação do uso da informação. A partir do <i>software</i> de modelo 3D, o BIM pede precisão e capacidade de lidar com muitas informações, e na prática também compatibilidade com outras soluções para alcançar um fluxo de trabalho colaborativo.
Sacks et al. (2018)	Uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.
Penttilä (2006)	BIM é uma metodologia para gerenciar o projeto essencial do edifício e os dados do projeto em formato digital durante todo o ciclo de vida do edifício.
NIBS (s.d)	BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida, desde o início.

Segundo Tekla (2022), Autodesk (s.d) e Eastman et al. (2014), BIM pode ser aplicado ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento envolvendo tecnologia, processos, fluxos de trabalho colaborativo, políticas e mudança cultural, tornando o desenvolvimento da engenharia uma nova filosofia de trabalho desenvolvida através de um modelo virtual. A utilização do BIM no ciclo de vida do desenvolvimento de um empreendimento pode variar em diversos ângulos, sendo alguns deles: visualização 3D, gestão de mudanças e alterações, avaliação de falhas e conflitos, comunicação e colaboração, gestão de prazos e custos, *Green Building*, gestão de *facilities*, entre outros (Eastman et al., 2014; Azhar et al., 2011b).

Os resultados e benefícios apresentados com a implementação do BIM são alguns dos pontos importantes para acompanhamento durante a sua implementação, conforme Eastman et al. (2014), Gilligan e Kunz (2007), Azhar et al. (2008, 2011a, 2011b), Ullah et al. (2019), Nisbet

e Dinesen (2010) e German (2012). Os resultados podem ser medidos desde a fase de pré-construção, construção e pós-construção com ganhos que vão entre 8-15% de redução de custos, podendo chegar acima de 35% em produtos similares e contínuos (Sun et al. 2017). Para Samimpay e Saghatforoush (2020), muitos benefícios podem ser contemplados através da implementação do BIM. Em seu estudo avaliando os benefícios do BIM em projetos de infraestrutura, os ganhos passam por todas as etapas de desenvolvimento do projeto, sendo alguns principais: alta confiabilidade no banco de dados do projeto, proporcionando análises de quantitativo, estimativas de custo e prazo mais acuradas. Outro ganho importante é a comunicação, coordenação e integração ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento, o que é um desafio no segmento dada a fragmentação de fornecedores durante todo o ciclo do projeto. Esse ganho é um dos principais dados que vai de encontro a um dos principais desafios dos projetos de construção que gera perdas de desempenho em prazo e custos. O autor reforça a importância da implementação em fases preliminares de desenvolvimento do projeto para captura dos ganhos em todas as fases.

Gilligan e Kunz (2007), Azhar et al. (2008, 2011a), Nisbet e Dinesen (2010), German (2012) defendem ganhos quantitativos considerando: na redução de conflitos entre projetos “*clash detections*”, reduções superiores a 10% do valor do projeto podem ser economizadas, reduções de até 7% nos prazos de construção, reduções superiores a 40% na solicitação de pedidos de mudança de escopo “*change orders*” não previstas em contrato. Outros ganhos qualitativos também são mencionados, como facilitação da coordenação e comunicação durante a fase de construção, facilidade na extração de quantitativos e emissão de documentos, simplicidade na visualização e realização de simulações do empreendimento, menores custos do empreendimento geral considerando todo o ciclo de vida do ativo construção e operação.

2.4 Barreiras na adoção do BIM

O BIM vem mudando o setor da (AECO), alterando a forma de trabalho dos profissionais que compõem a indústria, trazendo novas formas de lidar com projetos de uma maneira visual, integrada através de tecnologia, processos e políticas (Succar, 2009). Essa inovação tecnológica que vem sendo amadurecida desde os anos 70 traz um foco transformacional e impactos não somente internos às organizações, mas também de forma externa. Os impactos são estabelecidos por barreiras que dificultam o avanço da solução nas organizações e na indústria da AECO como um todo (Chan et al., 2019; Saka & Chan, 2020; Eastman et al., 2014).

Com o foco em entender melhor quais são as barreiras de implementação do BIM, foram nomeados artigos científicos e reportes de alta relevância no segmento da AECO. Considerando a premissa de similaridade com o tema em estudo, foram selecionados para uma análise mais detalhada os artigos referenciados em periódico A1, B2 utilizando como referência periódicos da base Emerald Insight, como: Construction Innovation; Engineering, Construction and Architectural Management; Emerald Reach Proceedings Series, entre outros, como Journal of Building Engineering; Technological and economic development of economy, as maiores classificações pela escala da CAPES conforme, e também revistas do segmento de relevância National BIM report (Figura 7).

Figura 7

Estudos relacionados às principais barreiras e fatores críticos de sucesso na implementação do BIM levantadas pelos autores

Autor	Tipo de estudo	Quantidade de barreiras totais avaliadas	Principais barreiras e fatores de sucesso BIM priorizadas
Chan et al. (2019)	Um método de pesquisa de questionário empírico quantitativo estruturado avaliou as opiniões dos principais <i>stakeholders</i> em projetos na indústria AEC de Hong Kong.	12	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barreira cultural (resistência à mudança). • Estrutura organizacional que não suporta o BIM. • Insuficiente interoperabilidade do <i>software</i> de computador. • Falta de padrões do setor. • Dificuldades em medir os impactos do BIM.
Zhou et al. (2019)	Pesquisa no banco de dados da Infraestrutura Nacional de Conhecimento da China (CNKI). Revisão abrangente da literatura de estudos anteriores. Questionário envolvendo profissionais de implementação do BIM.	18	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liderança/direção governamental insuficiente. • Questões organizacionais. • Questões legais. • Alto custo de aplicação. • Resistência à mudança do modo de pensar. • Motivação externa insuficiente.
Sun et al. (2017)	Revisão abrangente da literatura de estudos anteriores.	22	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia – Falta de interoperabilidade dos dados dentre as distintas ferramentas. • Custo – Visão de curto prazo de ROI. • Administração – Mudança nos fluxos de trabalho e requisição do uso BIM pelo contratante. • Pessoal – Falta de profissionais capacitados e capacitações desde a universidade. • Jurídico – Melhores leis, regulamentos e sistemas contratuais para a aplicação do BIM.

(Continua)

(Conclusão)

Autor	Tipo de estudo	Quantidade de barreiras totais avaliadas	Principais barreiras e fatores de sucesso BIM priorizadas
Saka e Chan (2020)	Revisão detalhada dos estudos BIM existentes para identificar as barreiras ao BIM nas PMEs. Pesquisa com especialistas. Modelagem estrutural interpretativa.	13	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistência às mudanças e forte vontade de manter os tradicionais métodos. • Falta de apoio do governo. • Falta de apoio da alta administração. • Falta de compatibilidade do BIM com o dia a dia de trabalho. • Demanda de cliente inexistente. • Falta de interoperabilidade das ferramentas BIM. • Alto custo de implementação.
National BIM Report (s.d)	Survey com a indústria AEC – UK	16	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não existe a demanda do cliente. • Falta de conhecimento “in house”. • Falta de treinamento. • Custo. • Não há tempo para se atualizar.
McAuley et al. (2017)	Survey com a indústria AEC – Irlanda	-	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes desconhecedores da proposta de valor. • Falta de ferramentas e protocolos padronizados. • Questões relativas à propriedade e responsabilidade pelos dados. • Implementar o BIM em empresas menores. • A falta de habilidades BIM dentro do pessoal atual. • Ambiente jurídico incerto do BIM para trabalhar.
Ismail et al. (2017)	Revisão literária envolvendo AEC de países asiáticos.	-	<p>Barreiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistência cultural. • Processos mais longos. • Alto custo de investimento. • Falta de conscientização. • Demanda e incerteza quanto ao retorno sobre o investimento (ROI).
Sinoh et al. (2020)	Revisão literária. Pesquisa por questionário com <i>stakeholders</i> da AEC Malásia.	11	<p>Fatores Críticos de Sucesso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Papel da gerência na implementação bem-sucedida do BIM no nível organizacional. • Criação de uma cultura em que funcionários e fluxos de trabalho possam se adaptar às novas tecnologias. • Redes eficazes de comunicação entre a equipe e membros de um AEC.

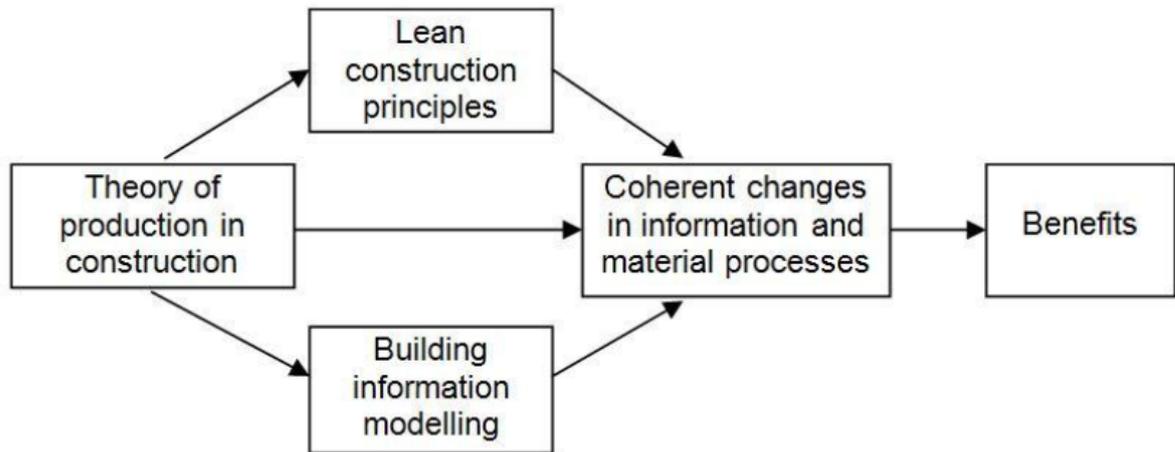
2.5 Lean Construction e BIM

O LC e o BIM são conceitos distintos, porém, vêm alterando o *status quo* da indústria da AECO, sendo os principais impulsionadores de melhores resultados envolvendo prazos, custos, qualidade, segurança e comunicação (Dave et al., 2013; Sacks et al., 2010).

Para Sacks et al. (2010) existem 56 formas de interação dos dois conceitos considerando uma matriz com as funcionalidades do BIM e os princípios do *Lean*, que trazem mudanças ao processo de construção e benefícios, conforme Figura 8.

Figura 8

Fluxo evidenciando a integração do BIM e do LC trazendo benefícios



Adaptado de *Interaction of Lean and building information modeling in construction*. *Journal of construction engineering and management*, de Sacks R., Koskela, L., Dave, B. A., Owen, R, 2010.

Diversos autores, inclusive, fazem referência a que no atingimento máximo da *performance* em um projeto de construção deve ser considerada a adoção do IPD (*Integrated Project Delivery*), que é basicamente a criação de uma plataforma de integração entre o BIM e os princípios *Lean* ao longo das fases de desenvolvimento do projeto desde o seu nascedouro envolvendo todos os seus *stakeholders* (Succar, 2009; Sacks et al., 2010; Dave et al., 2013; Dave, 2013). Outro conceito integrador dos dois conceitos e que vem tomando forma é o VDC (*Virtual Design Construction*), que utiliza como base 5 pilares principais: (i) entendimento da necessidade do cliente; (ii) objetivos claros com o projeto; (iii) Planejamento e Controle através

do *Last Planner System*; (iv) Reuniões ICE – *Integrated Concurrent Engineering*, e (v) Plataforma colaborativa BIM (Fosse et al., 2017).

Buscando entender melhor as possíveis sinergias entre BIM e *Lean* na construção civil, também foram encontrados artigos recentes relacionados a barreiras e fatores críticos de sucesso para adoção dos conceitos. Os artigos utilizados foram da base Emerald Insight, sendo eles: Benchmarking: an international journal e Journal of engineering, design and technology (Figura 9).

Figura 9

Estudos relacionados às principais barreiras e fatores críticos de sucesso na implementação do BIM e LC levantadas pelos autores

Autor	Tipo de estudo	Quantidade de barreiras totais avaliadas	Principais barreiras e fatores de sucesso BIM e LC priorizadas
Evans et al. (2020)	Revisão literária envolvendo BIM e LC, ordenação e priorização das barreiras através de 2 rodadas de Delphy survey com experts da indústria AEC no Qatar	30	<p><u>Fatores críticos de Sucesso</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Colaboração em projetos, obras de construção e engenharia administração. • Apoio à alta direção organizacional. • Coordenação e planejamento dos trabalhos de construção. • Visualização antecipada e precisa do projeto em 3D. • Impulsionando implementação de LC e entrega de projetos integrados.
Evans e Farrell (2020)	Revisão literária envolvendo BIM e LC, ordenação e priorização das barreiras através de 2 rodadas de Delphy survey com experts da indústria AEC no Qatar	28	<p><u>Barreiras</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de normas e regulamentos obrigatórios da indústria BIM e LC pelo governo • Falta de envolvimento e apoio do governo • Resistência da indústria a mudar das tradicionais práticas de trabalho • Alto custo das licenças de <i>software</i> BIM • Alto investimento inicial nos custos de treinamento de pessoal do BIM

3 METODOLOGIA

Este capítulo irá apresentar a metodologia proposta para o presente projeto de pesquisa com o objetivo de entender, classificar e ranquear os desafios, barreiras e soluções que impactam a implementação do LC e do BIM na construção civil brasileira. Assim, inicialmente será apresentada a definição constitutiva e operacional dos conceitos em estudo, na sequência métodos e ferramentas estatísticas para análise de dados, prosseguindo com o desenvolvimento da pesquisa qualitativa e, por fim, a consolidação da pesquisa mista. Visando atender aos objetivos propostos, serão apresentados os procedimentos metodológicos no que diz respeito à estratégia de pesquisa, aos métodos e às técnicas que serão utilizados para atingir o objetivo principal deste projeto.

3.1 Definição constitutiva e operacional dos conceitos em estudo

Com o objetivo de entender a fundo as barreiras de implementação do LC e do BIM na construção civil brasileira, será realizada uma pesquisa empírica, investigando o fenômeno em questão.

O estudo de caso foi escolhido por adotar uma visão positivista, de forma a gerar uma postura passiva, sem emitir juízos de valor, ou visões de mundo. O papel da ciência positivista pode ser sintetizado como um modo de observar e descrever, sob neutralidade e objetividade científica, através do uso racional e cartesiana sobre fatos da realidade (Easterby-Smith et al. 2012).

Segundo Benbasat et al. (1987), a adoção do estudo de caso como estratégia de pesquisa se deve a três principais razões: (i) o pesquisador pode estudar os problemas, aprender sobre e generalizar teorias a partir da prática; (ii) o pesquisador pode buscar respostas a perguntas do tipo “como” e “por quê”, de forma a compreender em maior profundidade e complexidade o problema de pesquisa; (iii) é uma forma apropriada de pesquisar problemas sobre os quais poucos estudos prévios tenham sido realizados.

Tendo por base o objetivo, optou-se pelo método do estudo de caso, o qual comporta evidências qualitativas e quantitativas (Yin, 2015).

A utilização de dados tanto qualitativos como quantitativos pressupõe “(...) que o investigador coleta e analisa os dados, integra os achados e extrai inferências usando abordagens ou métodos qualitativos e quantitativos em um único estudo”. (Creswell & Clark, 2013, p. 22).

A combinação de técnicas quantitativas e qualitativas em uma pesquisa é uma tendência em pesquisa social, pois viabiliza estudos complementares e relevantes, sendo mais confiável do que aquelas desenvolvidas unicamente com uma das abordagens, o que incrementa o desenvolvimento do conhecimento, a elaboração de teoria e a resolução de problemas (Creswell, J.W. & Creswell, J.D., 2021).

Considerando a classificação das pesquisas com relação aos seus objetivos, o presente trabalho se encaixa na definição de pesquisa mista, com uma abordagem convergente indicada por Creswell, J. W. e Creswell, J. D. (2021), que compreende as seguintes etapas:

1. Dados quantitativos: coleta e análise.
2. Dados qualitativos: coleta e análise.
3. Fundir resultados.
4. Interpretar resultados para comparar.

O estudo foi iniciado por uma extensa revisão da literatura através do levantamento de artigos científicos, de alta relevância no segmento da construção, considerando os dois temas em estudo: (i) Barreiras de implementação LC (Anexo A) e (ii) Barreiras de implementação BIM na construção (Anexo B).

Para o levantamento da literatura, foram considerados alguns critérios:

- Literatura publicada entre 1981 e 2020.
- Artigos publicados em revistas acadêmicas, artigos de trabalho, teses de mestrado, teses de doutorado, revistas de comunidades BIM e LC, levando em consideração artigos com maior relevância na avaliação da CAPES.
- Artigos discutindo questões e barreiras na implementação do LC, BIM e do BIM e LC.
- Artigos abordando questões relacionadas com os problemas na implementação do LC, BIM e do BIM e LC.
- Artigos abordando fatores de sucesso na implementação do LC ou BIM ou BIM e LC.
- Palavras-chave utilizadas em pesquisa.
- Palavras-chave primárias: LC, BIM, LC e BIM.
- Palavras-chave secundárias: barreiras, fatores de sucesso, falhas, obstáculos, problemas, implementação, desafios, limitações, benefícios.

Dentre todos os artigos identificados, foram selecionados dois recentes da base Emerald Insights que seriam utilizados como referência para a realização de uma *survey* quantitativa, sendo eles: (i) *Barriers to adopting Lean construction in the construction industry: a literature review*, publicado em 2020 pelo International Journal of *Lean Six Sigma* e (ii) *Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong*, publicado em 2019 pelo *Engineering, Construction and Architectural Management*. O primeiro artigo foi uma revisão literária considerando 26 barreiras do LC identificados na literatura, e como futuros estudos, foi evidenciada pelos autores a realização da quantificação das barreiras identificadas de forma a testar e validar o modelo proposto Albalkhy e Sweis (2020). O segundo artigo foi desenvolvido através de uma pesquisa mista levantando os principais benefícios e barreiras na implementação do BIM no mercado da AEC em Hong Kong, em que foram priorizados 11 fatores críticos de sucesso como base para a pesquisa. Foi utilizado o método misto de pesquisa, que envolveu o uso de questionários estruturados e modelos estruturados de entrevistas que foram aplicados de forma independente aos entrevistados-alvo no cenário de Chan et al. (2019).

Para a realização do presente estudo quantitativo, foi utilizada, segundo Freitas et al. (2000), uma *survey* descritiva, na busca de identificar a opinião de uma população em relação à (i) aderência à utilização das metodologias LC e BIM na construção civil, seja não implementada, parcialmente de maneira individual LC ou BIM ou conjunta LC e BIM; (ii) barreiras de implementação do BIM e do LC na construção civil, de forma a priorizar e avaliar as mais relevantes no segmento brasileiro.

A *survey* com as barreiras apresentadas nas Figuras 10 e 11 foi respondida entre um período determinado, 16/11/2021 e 08/12/2021, considerando assim uma pesquisa de corte-transversal, dado que a coleta de informações foi pontual com foco em descrever o estado de algumas variáveis em um só momento (Hernández-Sampieri & Torres, 2018). A amostra considerada para a *survey* foi adotada a partir da base de dados suportada pela FDC através do seu portfólio de contatos no segmento constituída por 5.988 profissionais cadastrados relacionados ao segmento da construção civil, e pela rede de contatos profissionais do autor no LinkedIn e contatos próximos. Por se tratar de uma *survey* contendo critérios, em que nem todos os respondentes terão a mesma chance de resposta, os resultados não serão generalizados, tornando-se uma amostra não probabilística e por quotas, considerando que os participantes escolhidos serão divididos em subgrupos (Freitas et al., 2000).

Figura 10

Barreiras de implementação LC

#	Barreira
1	Má compreensão das necessidades do cliente e falta de foco no cliente.
2	Resistência da administração à mudança.
3	Falta de apoio e compromisso da alta administração.
4	Falta de envolvimento e transparência entre as partes interessadas.
5	Falta de entendimento/conscientização adequada ao conceito <i>Lean</i> .
6	Os resultados não são rápidos e, muitas vezes, apenas parcialmente visíveis, podendo não estar em conformidade com as expectativas da administração.
7	A implementação do <i>Lean</i> pode levar a um custo adicional inicial/custo de implementação.
8	Projetos imprecisos e incompletos e a falta de aplicação de conceitos <i>Lean</i> na fase de desenvolvimento de projetos – <i>Design</i> .
9	A relutância dos participantes do projeto em compartilhar riscos.
10	Falta de uma filosofia de longo prazo e planejamento.
11	Falta de planejamento para a qualidade.
12	Liderança possui habilidades insuficientes de gestão.
13	Falta de incentivos, motivação e salários deficientes da mão de obra.
14	Administração inadequada do necessário para gerar um ciclo de aprendizagem e tomar medidas corretivas.
15	Hierarquias nas estruturas organizacionais/estrutura organizacional inadequada.
16	Centralização da decisão, evitando tomar decisões e assumir responsabilidades daqueles que não estão no topo da administração.
17	Resistência dos funcionários às mudanças e ao medo de práticas desconhecidas.
18	Mão de obra não qualificada e baixo nível de educação do "mestre de obras"/"Encarregados".
19	Treinamento insuficiente para os trabalhadores.
20	Funcionários consideram <i>Lean</i> complexo.
21	Alto nível de <i>turnover</i> .
22	Desempenho inadequado de entrega e atrasos na entrega de materiais.
23	Ausência de relacionamento de longo prazo com fornecedores.
24	Uso limitado de conceitos "off-site"/ pré-fabricação nos projetos.
25	Natureza fragmentada da indústria da construção. Nos projetos existe um alto volume de subempreiteiros e fornecedores.
26	Falta de uma gestão integrada de compras favorecendo colaboração desde a fase de projeto – <i>Design</i> .
27	Alto volume de exigências/normas/burocracias e aprovações necessárias durante a fase de contratação de um projeto.
28	Falta de apoio do governo.

Adaptado de *Barriers to adopting Lean construction in the construction industry: a literature review*, de Albalkhy W., Sweis, R., 2020.

Figura 11**Barreiras de implementação BIM**

#	Barreiras
0	Aceitação/ Abertura/ Solicitação do cliente para o uso de projetos BIM.
1	Estrutura organizacional para apoiar o sistema BIM dentro da empresa.
2	Apoio financeiro do governo para a adoção do BIM nas empresas.
3	Definição de normas BIM para o setor.
4	Programas de treinamento BIM.
5	Protocolos de compartilhamento de informações.
6	Equipe competente de suporte técnico dentro da empresa.
7	Equipe profissional de projeto BIM dentro da empresa.
8	Suporte da alta administração.
9	Disposição do pessoal para aprender novas tecnologias.
10	Investimento/atualização contínua para o sistema BIM dentro da empresa.

Adaptado de *Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong*, de Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., Ho, A.A., 2019.

3.2 Métodos e ferramentas estatísticas para análise de dados

Os métodos apresentados são aplicados tanto nas 28 barreiras elencadas para o LC quanto nas 11 elencadas para o BIM.

O primeiro passo é medir a confiabilidade do construto. O coeficiente Alpha de Cronbach tem o objetivo de avaliar a consistência interna de itens que são avaliados através da escala de Likert. O objetivo é verificar se os respondentes compreenderam os instrumentos dando respostas coesas. Como os itens têm um objetivo comum, o esperado é que exista baixa flutuação na pontuação dada a cada item por um mesmo indivíduo. O alpha varia de 0 até 1, e resultados acima de 0,7 são considerados confiáveis para criar, inclusive, um indicador que combine esses itens.

Um segundo instrumento importante é a concordância medida pelo teste Qui Quadrado. A lógica de construção desse coeficiente é verificar se determinado item recebe pontuações bem semelhantes quando se comparam todos os respondentes. A hipótese nula do teste (H_0) é

de que o conjunto de respostas dos participantes não são relacionadas (são independentes). Portanto, para verificar a concordância, espera-se a rejeição de H_0 ($p < 0,05$).

O teste de Mann Whitney será utilizado para comparar resultados de dois diferentes grupos em relação às respostas dadas nos itens, considerando que o grupo (i) implementou um dos conceitos e o (ii) possui os 2 conceitos implementados. A hipótese nula do teste (H_0) é de que a distribuição de valores de um grupo é estatisticamente igual à distribuição de valores no outro grupo. Portanto, se há diferença entre as respostas dos dois grupos, ocorrerá a rejeição de H_0 ($p' < 0,05$). Se for necessária a comparação de três ou mais grupos, o teste aplicado será o de Kruskal Wallis sob a hipótese nula (H_0) de que os grupos são estatisticamente iguais. Portanto, se ocorrer a rejeição de H_0 ($p < 0,05$), o pós-teste de Bonferroni definirá qual ou quais dos grupos se comportam de maneira diferente com o mesmo padrão de significância de 5%.

O *ranking* dos itens pode ser pensado de algumas maneiras. Por ser uma escala de Likert, pode-se, tratando-a como ordinal, verificar quais itens têm nível de concordância (notas 4 e 5) mais alto, de forma a ranquear as barreiras.

3.3 Desenvolvimento das entrevistas qualitativas

Com a pesquisa quantitativa realizada, foram feitas entrevistas qualitativas, a partir de uma amostragem intencional de um roteiro semiestruturado seguindo as recomendações de Yin (2016), Creswell (2015), Creswell e Clark (2013), adotando como premissa executivos com ocupação de média e alta gestão das organizações que fazem parte de empresas do segmento da construção civil brasileira, que passaram ou estão em fase de implementação do BIM e do LC.

O roteiro semiestruturado foi realizado com base na pergunta de pesquisa: *Quais as principais barreiras para a implementação do LC e BIM na construção civil?*, de forma a desenvolver perguntas exploratórias gerando um entendimento profundo no tema vivenciado pelos executivos (Creswell & Clark 2013). A intenção das entrevistas qualitativas é proporcionar maior profundidade e maior compreensão dos resultados quantitativos.

As entrevistas foram realizadas por videoconferência, com duração entre 20 e 40 minutos, todas autorizadas e gravadas para transcrição.

O público entrevistado escolhido foi de 15 executivos que tiveram vivência prática com a implementação do BIM e do LC na construção civil brasileira em diferentes segmentos e portes de empresa.

Detalhes internos das empresas ou qualquer outra informação que tenha caráter sigiloso foram excluídos, bem como dados de identificação individual dos entrevistados, sendo mantidos os registros do conteúdo relacionado às práticas pesquisadas. Os aspectos e práticas selecionados para discussão nas entrevistas estão compilados na Figura 12 a Apêndice A.

Figura 12

Estrutura do roteiro para entrevista semiestruturada

Tópico	#	Pergunta realizada
Introdução	0	Explicar objetivo da pesquisa e por que o indivíduo está sendo entrevistado.
Implementação do LC	1	Por que foi implementado o LC na sua empresa?
Benefícios evidenciados LC	2	Como a implementação do LC trouxe benefícios para a organização? Quais?
Barreiras que dificultaram a implementação do LC	3	Ao longo da jornada de implementação do LC na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?
Soluções para a redução das barreiras evidenciadas LC	4	Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?
Implementação do BIM	5	Por que foi implementado o BIM na sua empresa?
Benefícios evidenciados BIM	6	Como a implementação do BIM trouxe benefícios para a organização? Quais?
Barreiras que dificultaram a implementação do BIM	7	Ao longo da jornada de implementação do BIM na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?
Soluções para a redução das barreiras evidenciadas BIM	8	Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?
BIM e LC	9	Qual dos 2 conceitos LC e BIM foi implementando primeiro? Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, quais são?

A análise das entrevistas em profundidade foi feita a partir das transcrições dos áudios através da técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2011), que consiste em uma série de procedimentos metodológicos que se iniciam em uma leitura flutuante do corpus textual trabalhado, o que possibilita que, em seguida, façamos uma codificação, isto é, identificação e registro de uma ou mais passagens de texto como partes do quadro geral que em algum sentido

exemplificam a mesma ideia teórica ou descritiva identificado e reforçado na literatura. Isso permite que possamos acessar, contar e combinar passagens de diferentes documentos para discorrer sobre um mesmo fenômeno ou tema, possibilitando uma maior organização dos dados e uma análise mais estruturada. Todo esse processo foi realizado através do software de análise qualitativa ATLAS.ti.

3.4 Consolidação da pesquisa mista

Após a consolidação dos resultados quantitativos e qualitativos gerais, serão realizadas análise e integração dos dados, de forma a criar dois bancos de dados, um quantitativo e o outro qualitativo, para facilitar a comparação entre os resultados obtidos, criando uma discussão entre eles de forma a entender se existe convergência ou divergência (Creswell & Clark, 2013).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resultados da pesquisa quantitativa

Com o objetivo de ordenar e priorizar as principais barreiras, foi realizada uma pesquisa quantitativa com executivos da indústria da construção civil que tiveram a oportunidade de vivenciar a implementação do LC e do BIM, conforme Tabela 2. A pesquisa recebeu 215 respondentes que fazem parte da construção civil, dos quais 65,9% não implementam nenhuma das estratégias, 17,5% implementam BIM e LC, 13,3% implementam apenas o LC, e 3,3% implementam apenas o BIM. Os dados apresentados a seguir contemplam apenas as respostas dos 72 participantes que indicaram a implementação de pelo menos uma das estratégias. Estes valores reforçam a limitação da construção civil em adotar as práticas seja BIM ou LC, onde mesmo que em uma população de 215 respondentes do segmento, 72 implementam uma das práticas o que mostra que os filtros adotados na pesquisa como o uso do LC ou BIM são filtros de alta dificuldade e restrição para o segmento.

A pesquisa realizada foi desenvolvida considerando 3 etapas através de survey, de forma que a etapa seguinte apenas seria processada em caso afirmativo, em caso negativo a pesquisa se encerrava. A primeira etapa considerando se o respondente fazia parte da construção civil de maneira ativa, a segunda etapa considerando se o respondente havia implementado as soluções propostas no presente estudo seja de maneira individual ou combinada, e a terceira etapa referente aos questionários LC e BIM que foi respondida pelo público de 72 pessoas que implementaram seja o LC ou BIM ou LC e BIM juntos.

Tabela 2

Descritiva (n = 72)

	N	%		n	%
Grupo			Localização da empresa (Estado):		
Implementou apenas <i>Lean</i>	28	38,9	São Paulo	37	51,4
Implementou apenas BIM	7	9,7	Minas Gerais	13	18,1
Implementou ambos	37	51,4	Rio de Janeiro	5	6,9
Qual a sua posição hierárquica na empresa?			Paraná	3	4,2
Diretor (a)	26	36,1	Santa Catarina	3	4,2
Gerente	21	29,2	Rio Grande do Sul	2	2,8
Engenheiro	13	18,1	Amazonas	1	1,4
Sócio(a)/ proprietário(a)	6	8,3	Bahia	1	1,4
Coordenador/Supervisor(a)	5	6,9	Brasília	1	1,4
Presidente/vice/CEO	1	1,4	Ceará	1	1,4
Número de funcionários			Distrito Federal	1,4	1
Até 20	4	5,6	Espírito Santo	1	1,4
De 20 a 100	4	5,6	Mato Grosso	1	1,4
De 100 a 500	28	38,9	Pará	1	1,4
Maior ou igual a 500	36	50,0	Rio Grande do Norte	1	1,4

O método do coeficiente Alpha de Cronbach e a escala Likert são aplicados tanto nas 28 barreiras elencadas para o LC quanto para as 11 elencadas para o BIM. A validação é por instrumento. Não há discriminação pelos três grupos pedidos. Validam-se todas as respostas conforme Tabela 3.

Tabela 3

Validação dos construtos

Construtos do <i>Lean</i>	n	Alpha de Cronbach
Barreiras relacionadas com o ambiente interno	16	0,862
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Trabalho	5	0,726
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Materiais	3	0,785
Barreiras exógenas	4	0,735
Construto BIM	11	0,658

Os quatro construtos do *Lean* tiveram resultados de validação superior a 0,7, demonstrando, portanto, qualidade do agrupamento. No entanto, o BIM, que é um construto único, não obteve bons resultados, dado a baixa adoção pelo público pesquisado. Importante compreender que a validação do *Lean* se deu por meio da análise de 65 respondentes, enquanto do BIM foram 44 respondentes. Foi realizada uma análise excluindo item a item para verificar se algum em particular faz o resultado ser baixo, e isso não foi detectado. Com a retirada de qualquer dos índices, a validação é sempre inferior a 0,7.

O teste de normalidade de Shapiro Wilk foi aplicado em todos os itens indicando uma não normalidade dos dados. Em virtude disso, as análises comparativas são feitas por testes não paramétricos. A Tabela 4 compara os resultados do *Lean* do grupo que fez uso exclusivo dessa ferramenta (28 participantes) com o grupo que utilizou as duas estratégias (37 participantes). Essa comparação dos itens é feita através do teste de Mann Whitney. Originalmente, a partir desse teste, a estatística descritiva deveria ser feita por mediana e quartis. No entanto, para conseguir criar o *ranking*, a média é a maneira que foi adotado para tal análise.

Apenas dois itens apresentaram diferença significativa entre os grupos. O item 9 (A relutância dos participantes do projeto em riscos compartilhados) e o item 13 (Falta de incentivos, motivação e salários deficientes da mão de obra). O item 9 teve maior importância para o grupo que utiliza as duas estratégias. Já o item 13 teve maior importância para o grupo que usa exclusivamente o *Lean*.

Tabela 4

Comparação dos grupos exclusivos *Lean* e que implementaram *Lean* e BIM

Número do item	Descrição do item	Posição do item no grupo exclusivo <i>Lean</i>	Posição do item no grupo <i>Lean</i> e BIM	Exclusivo <i>Lean</i> (n = 28)	<i>Lean</i> e BIM (n = 37)	valor p*
Barreiras relacionadas com o ambiente interno						
1	Má compreensão das necessidades do cliente e falta de foco no cliente	15	7	4,14	4,30	0,228
2	Resistência da administração à mudança	6	1	4,33	4,62	0,161
3	Falta de apoio e compromisso da alta administração	1	2	4,57	4,62	0,999
4	Falta de envolvimento e transparência entre as partes interessadas	10	4	4,25	4,41	0,219
5	Falta de conscientização adequada ao conceito <i>Lean</i> e entendimento	11	10	4,25	4,24	0,852
6	Os resultados não são rápidos e muitas vezes apenas parcialmente visíveis, e podem não estar em conformidade com altas expectativas da administração	19	22	3,96	3,58	0,209
7	<i>Lean</i> pode levar a um custo adicional/ custo de implementação	24	25	3,64	3,43	0,575
8	Projetos imprecisos e incompletos, e falta de aplicação do conceito na fase de desenvolvimento do projeto – <i>Design</i>	7	9	4,32	4,24	0,686
9	A relutância dos participantes do projeto em riscos compartilhados	17	5	4,04	4,36	0,049
10	Falta de uma filosofia de longo prazo e planejamento	5	3	4,41	4,49	0,413
11	Falta de planejamento para a qualidade	9	15	4,29	4,03	0,234
12	Liderança pobre e habilidades insuficientes de gestão	4	8	4,44	4,30	0,642
13	Falta de incentivos, motivação e salários deficientes da mão de obra	14	21	4,18	3,68	0,035
14	Administração inadequada do necessário para gerar um ciclo de aprendizagem e tomar medidas corretivas	2	6	4,48	4,35	0,659
15	Hierarquias nas estruturas organizacionais/estrutura organizacional inadequada	12	13	4,21	4,14	0,758
16	Centralização da decisão, evitando tomar decisões e assumir responsabilidades daqueles que não estão no topo administração	16	11	4,11	4,22	0,491
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Trabalho						
17	A resistência dos funcionários às mudanças e ao medo de práticas desconhecidas	21	14	3,86	4,08	0,241

(Continua)

(Conclusão)

Número do item	Descrição do item	Posição do item no grupo exclusivo <i>Lean</i>	Posição do item no grupo <i>Lean</i> e BIM	Exclusivo <i>Lean</i> (n = 28)	<i>Lean</i> e BIM (n = 37)	valor p*
18	Mão de obra não qualificada e baixo nível de educação do "mestre de obras"/"Encarregados"	13	18	4,21	3,81	0,247
19	Treinamento insuficiente para os trabalhadores	3	12	4,46	4,22	0,28
20	Funcionários consideram <i>Lean</i> complexo	23	24	3,68	3,43	0,362
21	Alto nível de <i>turnover</i>	20	16	3,93	4,03	0,357
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Materiais						
22	Desempenho inadequado de entrega e atrasos na entrega de materiais	8	19	4,29	3,81	0,116
23	Ausência de relacionamento de longo prazo com fornecedores	18	20	3,96	3,73	0,451
24	Uso limitado de conceitos "off-site"/ pré-fabricação nos projetos	22	23	3,71	3,46	0,462
Barreiras Exógenas						
25	Natureza fragmentada da construção indústria. Juntam-se ao projeto alto volume de subempreiteiros e fornecedores	26	26	3,32	3,30	0,895
26	Falta de compras integradas	25	17	3,57	3,89	0,189
27	Exigências e aprovações rigorosas durante a contratação	27	27	3,29	3,19	0,706
28	Falta de apoio do governo	28	28	2,11	2,37	0,404

*Teste de Mann Whitney

O mesmo processo é repetido na comparação dos itens do BIM, uma comparação entre grupo exclusivo e grupo que implementou as duas estratégias. Não houve diferença entre nenhum item e muitos empates de posição, conforme Tabela 5.

Tabela 5Comparação dos grupos exclusivos BIM e que implementaram *Lean* e BIM

Número do item	Descrição do item	Posição do item no grupo exclusivo BIM	Posição do item no grupo <i>Lean</i> e BIM	Exclusivo BIM (n = 7)	<i>Lean</i> e BIM (n = 37)	valor p*
1	Aceitação/ Abertura/ Solicitação do cliente para o uso de projetos BIM	4	2	4,429	4,46	0,706
2	Estrutura organizacional para apoiar o sistema BIM dentro da empresa	5	6	4,143	4,32	0,489
3	Apoio financeiro do governo para a adoção do BIM nas empresas	4	9	3,429	2,84	0,297
4	Definição de normas BIM para o setor	6	8	3,857	3,49	0,450
5	Programas de treinamento BIM	3	6	4,571	4,32	0,312
6	Protocolos de compartilhamento de informações	4	7	4,286	3,97	0,509
7	Equipe competente de suporte técnico dentro da empresa	3	5	4,571	4,38	0,550

(Continua)

(Conclusão)

Número do item	Descrição do item	Posição do item no grupo exclusivo BIM	Posição do item no grupo <i>Lean</i> e BIM	Exclusivo BIM (n = 7)	<i>Lean</i> e BIM (n = 37)	valor p*
8	Equipe profissional de projeto BIM dentro da empresa	2	3	4,714	4,43	0,360
9	Suporte da alta administração	4	1	4,286	4,73	0,282
10	Disposição do pessoal para aprender novas tecnologias	3	4	4,571	4,41	0,754
11	Investimento/atualização contínua para o sistema BIM dentro da empresa	1	5	4,857	4,38	0,110

*Teste de Mann Whitney

Os resultados da pesquisa de uma maneira geral evidenciam que as três principais barreiras para os respondentes que implementam BIM e LC são relacionadas ao ambiente interno das empresas, ou seja, são barreiras que não dependem de um fator externo para que sejam minimizadas ou até mesmo eliminadas. O estudo também reforça a oportunidade presente no segmento da construção civil para com a adoção das duas práticas nos projetos para aumentar a produtividade e ganhar mais eficiência na sua gestão.

Paez et al. (2005) reforçam os resultados obtidos, em que o LC deve ser encarado como uma mudança cultural com resultados e planejamento de longo prazo. Sim et al. (2009) apresentam em seu estudo que a maior barreira para implementação do *Lean* está no topo das empresas, com principal foco no CEO e na alta administração, que devem liderar a transformação de forma a suportar as melhorias no dia a dia operacional, reconhecendo, motivando e incentivando os profissionais da ponta. Essa responsabilidade não deve ser transferida para os níveis mais baixos da organização, o que não gera sustentabilidade e longevidade nas implementações de *Lean*. Os autores reforçam a baixa existência de estudos empíricos relacionados às barreiras de implementação. Niepce e Molleman (1996) reforçam que a principal característica que o *Lean* traz à organização é a mudança de uma gestão de “comando e controle” para uma organização colaborativa, o que traz resistências à mudança em todos os níveis, principalmente para as lideranças de topo e líderes de equipe operacional. Keiser (2012) aborda a implementação LC como um conceito de transformação empresarial e cultural que muda a forma não somente do trabalho operacional do dia a dia, mas como as pessoas pensam e lideram, e reforça que não é uma mudança de curto prazo e que deve ser iniciada e conduzida pela alta administração.

Da mesma forma em que o LC muda a forma de trabalhar, o BIM também traz uma mudança operacional e cultural na forma como se desenvolve, gerencia e executa projetos na construção civil. Nos diversos artigos utilizados como base para o estudo, considerando

diferentes culturas e localidades, as principais barreiras estão também envolvidas com o suporte da alta administração, demanda externa de mercado e equipes dedicadas ao BIM, segundo Sinoh et al. (2020), Chan et al. (2019), Georgiadou (2019), Zhou et al. (2019), Ullah et al. (2019), Ganah e John (2015). Segundo Georgiadou (2019), a resistência à adoção do BIM em todo o mundo tem sido em torno de uma falha em ser convencido dos resultados financeiros de curto prazo, uma vez que os retornos projetados não superaram os custos e riscos envolvidos, o que dificulta o convencimento de curto prazo da alta administração. Para Ganah e John (2015), BIM é uma nova inovação que é difundida tanto na tecnologia como nos processos de trabalho que afeta atividades intraorganizacionais e interorganizacionais, o que vai gerar barreiras internas e externas que vão desde a alta à média administração das empresas, projetistas, construtores, clientes e governo.

4.2 Resultados da pesquisa qualitativa

Com o objetivo de entender as barreiras de implementação do LC e BIM, sua correlação e soluções adotadas para minimizar as barreiras encontradas, foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa envolvendo 15 executivos com experiência na implementação do LC e BIM em diversos segmentos da construção civil, conforme a Figura 13.

Ao longo da pesquisa qualitativa foi desenvolvido pelo autor um formato considerando 3 estruturas de apresentação sendo elas: (i) tabela avaliando os itens mais citados nas entrevistas (ii) reforço destes na literatura (iii) trechos das entrevistas reforçando os itens mais citados.

Figura 13

Pesquisa Qualitativa

Entrevistado	Cargo	Segmento	Porte Empresa	Experiência
01	COO	Industrial/ Galpões/ Infraestrutura	Médio Porte	>30 anos
02	Sócio-Diretor	Imobiliário	Pequeno Porte	>10 anos
03	Gerente	Imobiliário	Grande Porte	>20 anos
04	Gerente	Infraestrutura	Pequeno Porte	>15 anos
05	COO	Industrial e Infraestrutura	Médio Porte	>25 anos
06	Diretor	Industrial e Infraestrutura	Grande Porte	>15 anos
07	Gerente	Projetos de Capital - Mineração	Grande Porte	>15 anos
08	Gerente	Projetos de Capital - Solar	Médio Porte	>15 anos
09	CEO	Infraestrutura	Grande Porte	>40 anos
10	Diretor	Industrial e Infraestrutura	Médio Porte	>12 anos
11	Diretor	Industrial	Pequeno Porte	>12 anos
12	Diretor	Imobiliário	Grande Porte	>15 anos

13	Gerente	Projetos de Capital - Mineração	Grande Porte	>20 anos
14	Diretor	Imobiliário – Horizontal loteamento	Grande Porte	>20 anos
15	Gerente	Industrial e Infraestrutura	Médio Porte	>10 anos

4.2.1 Resultados Sumarizados das Entrevistas

4.2.1.1 Principais pontos levantados nas entrevistas pelos entrevistados

Ao longo da pesquisa quantitativa foram levantados 9 tópicos que serão apresentados em forma de tabela e texto com foco em detalhar os principais e mais citados temas abordados pelos executivos.

4.2.1.2 Tópico 1 – Por que foi implementado o LC na sua empresa?

Tabela 6

Pergunta 1: Por que foi implementado o LC na sua empresa?

	Lean: Implementação: Agente multiplicador Gr=2	Lean: Implementação: Consultoria Gr=1	Lean: Implementação: Demanda externa Gr=3	Lean: Implementação: Eficiência Gr=5	Lean: Implementação: Liderança Gr=5	Lean: Implementação: Melhoria nos processos Gr=5	Lean: Implementação: Produtividade Gr=6	Lean: Implementação: Reorganização da estrutura Gr=8
Entrevistado 1	1	0	0	0	1	1	0	0
Entrevistado 2	0	0	0	0	1	1	1	0
Entrevistado 3	0	0	0	0	1	1	0	0
Entrevistado 4	0	0	0	0	1	1	1	1
Entrevistado 5	0	0	0	0	0	1	1	1
Entrevistado 6	0	0	0	0	1	0	1	1
Entrevistado 7	0	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 8	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 9	0	0	0	1	0	0	0	2
Entrevistado 10	0	0	1	0	0	0	1	0
Entrevistado 11	0	0	0	1	0	0	1	0
Entrevistado 12	0	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 13	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 14	1	1	1	1	0	0	0	0
Entrevistado 15	0	0	1	0	0	0	0	1
TOTAL	2	1	3	5	5	5	6	8

Ao se avaliar os dois motivos principais mais citados para a implementação do LC nas empresas (Tabela 6), foi identificado pelos respondentes: **(i) reorganização da estrutura** **(ii) melhoria de performance.**

O LC é uma filosofia bem como um sistema de gestão de produção que utiliza ferramentas e técnicas únicas para provocar mudanças na cultura de uma organização, ao mesmo tempo que maximiza o valor para os clientes, identificando e eliminando desperdícios e visando à perfeição na entrega de projetos de construção, além de contribuir para um ambiente sustentável (Ogunbiyi, 2014; Marhani et al., 2012).

A implementação do LC se dá pela necessidade de mudanças na construção civil, utilizando conceitos da manufatura com foco em aumento de qualidade, produtividade, segurança, colaboração considerando todos os *stakeholders* do projeto, focando na melhoria de resultados para o cliente (Albalkhy & Sweis, 2020; Koskela, 2000). Segundo o autor Bhasin, S. (2012), em um estudo realizado considerando empresas de pequeno, médio e grande portes, as cinco razões principais para implementação do LC de maneira comum: (i) aumento de competitividade; (ii) aumento de eficiência; (iii) maior produtividade; (iv) melhores resultados; (v) menores custos. O autor reforça que o *Lean* precisa ser testemunhado como uma filosofia empresarial de longo prazo, focado em transformar o negócio que foi adequadamente refletido pelo grupo de quinze organizações com melhor desempenho na implementação LC. A Toyota vem percorrendo essa jornada há 50 anos, e algumas de suas lições foram aprendidas há mais de 100 anos. Dados das entrevistas com os executivos reforçam a necessidade de mudanças na construção civil, indicando uma percepção favorável conforme os seguintes relatos com os executivos das construtoras brasileiras:

Foi implantado por uma demanda que nós sentimos, de competitividade no mercado. Nós éramos uma das maiores empresas do Brasil, mas já necessitava de uma diversificação, porque a gente trabalhava muito com o setor público, e nós queríamos trabalhar para o setor privado, e nós não éramos competitivos. Então eu comecei um trabalho na empresa, ainda como superintendente, depois diretor... comecei um trabalho de *Lean Construction* para a gente poder competir no mercado privado, que era um segmento muito importante e a gente não queria ficar amarrado num só cliente, cliente público. Então por isso nós começamos a trabalhar com o *Lean Construction*. Para aumentar a nossa competitividade e melhorar nossa qualidade do produto no mercado.
(...)

A gente estava buscando agregar, de forma geral, produtividade, automação dos processos, a gente queria industrializar os processos, então queria ter mais produtividade, mais qualidade. E a gente queria também, no final do dia, ter um desdobramento na cultura empresarial. Quer dizer, independentemente dos resultados que se chegasse, aquela cultura empresarial de fazer tudo de uma forma enxuta, de uma forma pensada e estruturada era um objetivo também importante. (Entrevistado 9).

Objetivamente, nós observamos a necessidade de nos organizarmos de forma diferente do que nós chamamos aqui inteiramente de convencional. Então, o *Lean Construction* tem uma vantagem mais adequada para a dinâmica que a construção civil sofre, por isso nós fomos para esse caminho. (Entrevistado 12).

Necessidade de melhoria e de produtividade. A gente já tinha essa necessidade, a gente tem uma carência de mão de obra sabendo executar com qualidade, tinha uma pressão do mercado muito grande, sobretudo o cliente pedindo isso, demandando a implantação da excelência, então teve uma demanda do cliente também. Mas o principal motivo é nossa imagem...nossa imagem estava muito ruim, a gente precisava melhorar nossa produtividade. A gente tinha um alto desvio de prazo, a gente tem um desvio de prazo muito grande, então a pressão também por produtividade. (Entrevistado 10).

Para trazer maior estabilidade à produção. Para conseguir ter o controle, saber o que está acontecendo ali. Esse foi o propósito. (Entrevistado 2).

Primeiro porque sempre foi uma ideia, um desejo dos diretores da empresa, principalmente do antigo diretor. Ele via que a ideia de transformar a empresa numa empresa *Lean* traria benefícios de ganhos de produtividade e de uma reorganização na estrutura. Em termos de manuais, em termos de procedimentos. (Entrevistado 4).

4.2.1.3 Tópico 2 - Como a implementação do LC trouxe benefícios para a organização? Quais?

Tabela 7

Como a implementação do LC trouxe benefícios para a organização? Quais?

	Lean: Benefícios: Antecipação dos problemas Gr=4	Lean: Benefícios: Formação de lideranças Gr=2	Lean: Benefícios: Melhoria na gestão Gr=3	Lean: Benefícios: Melhoria na imagem na empresa Gr=1	Lean: Benefícios: Melhoria nos processos Gr=8	Lean: Benefícios: Mudança na cultura Gr=3	Lean: Benefícios: Multiplicadores Gr=3	Lean: Benefícios: Produtividade Gr=5	Lean: Benefícios: Redução de custos Gr=3
Entrevistado 1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Entrevistado 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 4	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 5	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Entrevistado 6	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 7	1	0	0	0	1	0	0	1	0
Entrevistado 8	0	1	0	0	0	0	1	0	1
Entrevistado 9	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 10	0	0	0	1	0	1	0	1	1
Entrevistado 11	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Entrevistado 12	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Entrevistado 13	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 14	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Entrevistado 15	1	0	1	0	1	0	0	0	0
TOTAL	4	2	3	1	8	3	3	5	3

Ao avaliar os dois principais benefícios mais citados para a implementação do LC nas empresas, foram identificados pelos respondentes **(i) melhoria dos processos (ii) produtividade** (Tabela 7).

Koskela et al. (2002) enfatizam que o valor é o que o cliente está realmente pagando para que o projeto seja entregue. LC é uma abordagem para projetar o sistema de produção para reduzir o desperdício de tempo, materiais e esforço com um objetivo final específico para gerar a maior quantidade de valor possível. O sucesso na implementação das práticas LC pode ser atribuído a vários fatores, incluindo uma mudança no comportamento organizacional (Sim & Rogers, 2009), uma mudança no pensamento (Atkinson, 2010; Shook, 1997) e uma cultura que se concentra igualmente no desenvolvimento dos recursos humanos e na eliminação do desperdício (Liker, 2004). Sobre a produção enxuta, as atividades incluídas em cada ciclo de produção (desde a concepção até a entrega final) podem ser divididas em três categorias

principais: atividades de agregação de valor (VA – *value added*), atividades sem agregação de valor, mas necessárias (NVAR – *non value add but required*), e atividades sem agregação de valor (NVA – *non value added*). As atividades VA são aquelas que estão envolvidas na criação de valor através da modificação da função, forma ou forma dos materiais ou informações para satisfazer as exigências do cliente e que o cliente estaria disposto a pagar por elas. NVAR são atividades de desperdício, porém necessárias para que as atividades de VA sejam executadas, porém possuem oportunidade de serem otimizadas, e as NVA são desperdícios evidentes, atividades que são executadas no ciclo construtivo e que podem ser eliminadas (Diekmann et al., 2004). A teoria da construção enxuta é baseada em cinco princípios principais (Aziz & Hafez, 2013; Womack & Jones, 1996): (1) especificar valor – identificar o valor das atividades com base na visão do cliente final e determinar sua natureza sob o conceito de construção enxuta, se são atividades VA, NVAR e NVA; (2) mapear o fluxo de valor – identificar como o valor é criado, quando é entregue e onde as melhorias devem ser tomadas. O mapeamento do processo é uma técnica-chave no fluxo de valor, porque permite trazer uma melhor compreensão da lógica do processo e detectar onde existe desperdício, portanto, podem ser tomadas decisões para melhorar o processo atual; (3) fazer fluxo de valor sem interrupções – o objetivo principal é atingir um fluxo contínuo reduzindo o movimento desnecessário, defeitos, sucata, fila de espera e tempo de espera dos trabalhadores; (4) puxar valor – adotar o conceito *pull* no processo de construção ao invés de *push*, o que significa que os materiais, peças ou informações necessárias devem ser entregues ao próximo cliente assim que necessário; (5) buscar a perfeição – continuar melhorando o processo através da eliminação dos fatores de desperdício remanescentes e aumentando a transparência dos canteiros de obras.

Em um estudo realizado por Martinez et al. (2019), foi desenvolvido um estudo prático implementando o LC em casas de baixo padrão na região do Equador, podendo-se evidenciar através da melhoria dos processos construtivos e planejamento a redução de custos e prazo na ordem de 25% e 50%, respectivamente. Em outro estudo realizado por Bajjou e Chafi (2020), foi avaliado a partir da implementação do LC em um projeto e pode-se observar de maneira quantitativa que o uso dos princípios *Lean* na construção levaram a 41% de melhoria na produtividade do processo, 14% de melhoria na eficiência do processo e 17% de redução no tempo de ciclo. A informação é reforçada a partir dos relatos dos seguintes executivos:

Para a organização, eu acho que faltou a gente implementar de forma mais massiva em outros projetos. Então, assim, nos projetos onde foi implantado, o que a gente percebeu: essa questão da cultura, todos aqueles profissionais e os multiplicadores que tiveram

contato com a metodologia e o desdobramento dela, eu acho que agregou muito, profissionalmente, dentro daquele ambiente. Quer dizer, as pessoas passaram, de fato, a ter uma cultura mais intrínseca ali na forma de pensar o projeto. Eu acho que alertou muito para essa coisa do desperdício, né, do tempo... ter uma atenção maior com o tempo, processos, tornar mais enxuto, mais rápido. Eliminar aquelas gorduras de distância, de tempo, de processos que não estavam agregando nada na linha produtiva... Então, eu acho que, para quem esteve no projeto que teve Lean implementado, teve aí uma vantagem de resultado de forma geral, e principalmente de cultura no mindset. Eu acho que isso foi o mais importante. (Entrevistado 5).

Eu acho que o primeiro ponto de benefício foi uma padronização. Eu acho que a gente tinha uma empresa muito maior do que ela é hoje, eu acho que a gente tem uma empresa hoje, 30%, 40% menor do que era em 2014-2015. E eu acho que um dos maiores ganhos que hoje a gente colhe os frutos foi a padronização. E a gente é uma *general contractor*, a gente é uma empresa que faz diversos tipos de obra, desde obras de reparação de área degradada, a gente faz obra solar, termelétrica, obras de infraestrutura mesmo, então a gente é uma *general contractor*, então acho que um dos maiores ganhos que a gente observa até hoje é a padronização. Hoje a gente tem uma operação muito padronizada. E, também, quando a gente olha para o nosso corporativo, a gente conseguiu padronizar muita coisa que muita gente falava que era impadronizável. Não sei se existe essa palavra, mas é um pouco disso. Então a gente conseguiu padronizar toda a parte de desenvolvimento de negócio, a parte de engenharia, de proposta. Hoje a gente tem muito bem definido todo o processo de elaboração de uma proposta, aprovação de orçamento, apresentação de preço. A gente é uma empresa que estuda mais de 150 projetos por ano. Então a gente ter uma gestão disso, efetiva, realmente é um ganho muito grande para a gente não estar gastando energia no lugar errado, porque a gente estuda projetos [em] que a gente investe milhões de reais na proposta. Então, o maior ganho eu acho que é a parte de padronização. (Entrevistado 5).

Primeiro, mudou completamente nossa capacidade de nos organizarmos quanto ao ponto de vista dos nossos processos. O planejamento de eliminação das restrições, que são muitas ao longo do decorrer de um projeto em uma obra, e como benefícios, naturalmente, nos trouxe mais assertividade, nos trouxe ganho de qualidade e nos trouxe também, naturalmente, maior satisfação dos clientes, uma vez que o produto entregue é

um produto que realmente está mais adequado ao que o cliente espera da gente. (Entrevistado 12).

Primeiro ponto que destaco de imediato em todas as implantações ali na parte de performance é a facilidade de gestão. As obras não conseguem enxergar, ver os principais problemas, geralmente quando a gente chega é tudo muito bagunçado e em pouco tempo a gente já consegue colocar através dos KPIs e no acompanhamento sistemático em reuniões de processo a visibilidade dos principais desvios, das principais lacunas existentes e a geração de ações para poder melhorar esses pontos identificados. E aí o resultado vem de diversos KPIs que são acompanhados, desde administrativo de melhorar, reduzir absenteísmo, reduzir *turnover*, até melhoras de produtividade, aumento de disponibilidade física dos equipamentos, disponibilidade mecânica, aumento de aderência no planejamento, aumento de aderência do avanço físico, redução de tempo de atraso, então assim... ganhos em quase todos os tipos de KPIs que a gente monitora. Mas voltando pra implantação, uma das frentes que a gente atua muito, que dá muito impacto rápido é estruturação da dimensão de performance, mas também a gente atua com a estrutura de diversas outras dimensões: a dimensão de planejamento, implantação ali do *Lean* ágil, implantação da dimensão de produtividade, principalmente o gerenciamento da rotina e também a implantação de fundo de benefícios, acompanhar as oportunidades que são acompanhadas pelo time. Tudo isso num plano de fundo de transformação cultural e com gestão do conhecimento. (Entrevistado 15).

Sim. Depois de uma pesquisa qualitativa que a gente fez [inaudível]... melhoria de produtividade, a gente conseguiu eliminar desde o desperdício em produção, [inaudível]... no começo a gente tinha um projeto 44% de desperdício, com relação à produção e com 8 meses de trabalho a gente conseguiu reduzir para 27%. A gente reduziu 38% do desperdício e isso foi revertido em avanço físico. A gente conseguiu melhorar em 30% nosso físico. Basicamente converteu o desvio de redução de desperdício pra avanço físico. Consequentemente, mais produtivo. Então a gente teve benefícios. O primeiro foi esse, de impacto no negócio, de produtividade, dois: de imagem. Nosso cliente percebeu a melhoria na qualidade de execução dos serviços, a gente conseguiu ali trazer mais organização, mais clareza pros problemas, a gente trouxe uma visão muito grande de [inaudível]... de colaboração, então ele percebeu até nesse

caso, a gente tinha lá 44% de desvio de desperdício, a gente tinha...10% desse valor era relativo a problemas com o cliente, de atraso de projeto, de não ter liberação de frente de serviço, então até pela reunião de restrição e por [inaudível] a gente conseguiu reduzir isso. Então a gente trouxe um ambiente mais colaborativo que o cliente percebeu, teve um ganho de imagem pra companhia muito grande, a companhia conseguiu alavancar isso, e na perspectiva da pessoa, dos funcionários, uma gestão do conhecimento e aprendizado é muito grande de fato, ser uma *Lean company*, de estar olhando pro aprendizado dos colaboradores. (Entrevistado 10).

Bem, a gente trouxe uma organização nos processos. Essa organização enxergou *buffers* e oportunidades. Oportunidades técnicas, oportunidades financeiras e oportunidade de qualidade também. Então, isso a gente viveu na prática e aplica até hoje. (Entrevistado 3).

4.2.1.4 Tópico 3 - Ao longo da jornada de implementação do LC na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?

Tabela 8

Ao longo da jornada de implementação do LC na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?

	Lean: Barreira: Adequação contratual Gr=1	Lean: Barreira: Cobranças por resultados a curto prazo Gr=10	Lean: Barreira: Cultural Gr=5	Lean: Barreira: Desconhecimento da metodologia Gr=3	Lean: Barreira: Estágio da obra Gr=3	Lean: Barreira: Fornecedores Gr=1	Lean: Barreira: Investimento Gr=3	Lean: Barreira: Liderança Gr=20	Lean: Barreira: Maneira de avaliação dos resultados Gr=1	Lean: Barreira: Manutenção do modelo Gr=3	Lean: Barreira: Porte da empresa Gr=1	Lean: Barreira: Resistência à mudança Gr=13
Entrevistado 1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Entrevistado 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Entrevistado 4	0	0	2	0	1	0	1	4	0	2	1	0
Entrevistado 5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Entrevistado 6	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Entrevistado 7	1	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Entrevistado 8	0	1	1	1	0	0	1	3	0	1	0	2
Entrevistado 9	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Entrevistado 10	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Entrevistado 11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 12	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Entrevistado 13	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Entrevistado 15	0	2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
TOTAL	1	10	5	3	3	1	3	20	1	3	1	13

Ao avaliar as duas principais barreiras/desafios mais citados para a implementação do LC nas empresas (Tabela 8), foram identificadas pelos respondentes **(i) liderança** **(ii) resistência à mudança**.

Em um estudo realizado por Bhasin (2012) envolvendo 68 respondentes, 7 estudos de caso e 20 auditorias de LC no Reino Unido, foi evidenciado que cultura e mudança são os principais fatores que influenciam diretamente o sucesso de uma implementação LC. O autor reforça que podem existir diferentes causas do insucesso na implementação, mas que a cultura organizacional e a mudança são as principais. Para Schonberger (1996) e Haskin (2010), uma organização é obrigada a saber para onde quer ir (o objetivo) e como pretende chegar lá (o plano). Conseqüentemente, é necessário fazer um desdobramento das estratégias de alto nível para a organização, no departamento e, finalmente, nas responsabilidades individuais, planos

de ação, metas quantitativas ao longo de um tempo. Neste sentido o papel da liderança é fundamental. Mano et al. (2020) realizaram um estudo com foco na revisão da literatura com os principais *papers* relacionados a barreiras de implementação LC e foram identificadas 83 barreiras, das quais top 3 foram evidenciadas como: (1) falta de compromisso na equipe; (2) dificuldade de obter apoio e compromisso da alta administração; (3) resistência à mudança dos líderes. Como conclusão, os autores corroboram que, para superar as barreiras, é necessário mudar a cultura organizacional, iniciando pelo processo de convencimento dos benefícios do LC para si mesmas, bem como para o organização. Essa convicção deve vir da experiência com a implantação de LC para demonstrar que os objetivos podem ser alcançados e que conceitos como a liderança, o compromisso e a cooperação contribuem para o crescimento pessoal e empresarial. Os autores Gao e Sui Pheng (2014), após realizarem um estudo buscando identificar as barreiras de implementação do LC na China, concluem que os obstáculos mais cruciais à prática LC podem estar associados à falta de uma filosofia de longo prazo, à ausência de uma cultura *Lean* na organização, de forma que a atenção da alta gerência para que a implementação funcione é fundamental. Shurrab e Hussain (2018), em um estudo no mercado de UAE sobre os impactos positivos do LC no mercado da construção local, identificam 2 principais elementos-chave para o sucesso da implementação LC: (i) a administração tem implicações diretas para os funcionários. Portanto, uma mudança na perspectiva gerencial é necessária para promover o LC, além disto a alta gerência deve compreender os benefícios do *Lean* e colocar mais esforço na adoção de técnicas *Lean*; (ii) habilidades e capacidades de gerenciamento são essenciais para o sucesso da implementação LC. Estas incluem liderança, treinamento, prontidão para assumir responsabilidades, proatividade na tomada de decisões e estabelecer confiança com funcionários e outros. Do lado das construtoras, pelas narrativas dos executivos entrevistados, a lógica da jornada de implementação do LC na organização ficou evidenciada pelas seguintes narrativas:

A maior dificuldade realmente é a liderança, a média gestão, no caso, porque quando era uma ideia minha, tinha uma certa resistência da média gestão, dos gerentes de cada contrato que são pessoas fundamentais para poder fazer com que o projeto aconteça. Essa resistência à mudança está um pouco associada à questão da liderança que se mistura bastante. E a filosofia de longo prazo é um problema, digamos... aí sobe um pouco, vai mais para questão de estratégia da organização. Realmente a gente tem uma pressão... toda nossa linha ocidental é muito no curto prazo, então tem que apresentar resultado a curto prazo, e a gente sabe que o Lean é um projeto de mais longo prazo.

Então isso acontece, aconteceu, ou então é uma situação que tem que conviver sempre. Aqui na Marrom e por onde eu passei, isso é um problema muito grave. Empresas por onde eu passei, em que você tem um conselho, um investidor de venda de fundo, às vezes é mais forte...a busca por resultado a curto prazo. Então isso acontece mesmo, está bem alinhado com o que apareceu na sua pesquisa. (Entrevistado 01).

Então, é engraçado, porque liderança, ao mesmo tempo que foi um facilitador, foi um dificultador também, né, porque a gente tinha parte da liderança querendo fazer e parte não querendo. Eu acho que isso é super normal no processo de qualquer tipo de mudança, né. Então eu concordo com esse primeiro ponto: a liderança foi uma barreira, mesmo, como eu falei, ela foi um dos componentes predominantes para a gente implementar, mas parte da liderança não estava comprada ou realmente não acreditava. E a gente sabe, né, eu falo muito com o pessoal da empresa que a às vezes a gente gasta muita energia tentando fazer algo que às vezes a liderança num estalar dos dedos poderia ter implementado isso muito mais fácil, né. Então a gente fica ali embaixo tentando remar e é muito mais efetivo a liderança às vezes direcionar e dar diretriz de fazer do que a gente ficar remando, batendo cabeça. Então a gente teve esse... eu concordo. (...) Resistência à mudança: a gente está num mercado que é muito arcaico ainda, né. Um mercado que às vezes a gente faz a mesma atividade igual a gente fazia há 60, 70 anos atrás. Então a gente tem um DNA não tão inovador, então isso ajuda bastante a ter esse tipo de resistência, né. Como a gente está num mercado de engenharia e construção, a gente tem muito preconceito, resistência a mudança, é muito difícil. (Entrevistado 06).

Tivemos a barreira da liderança, porque a liderança às vezes não entendia como que é a implementação do *Lean*, então a gente queria seguir o planejamento de uma forma, a gente queria seguir o sequenciamento da obra de uma forma, e a cabeça, às vezes, do líder da obra, a cabeça do cliente era, muitas vezes, voltada para a medição, voltado às vezes para uma entrega pequena. E a gente mudar essa mentalidade para um empreendimento como um too, onde você vai ganhar no final, mesmo que você pode perder um pouquinho de medição aqui, um pouquinho de medição ali, no todo, mas que no final vai ser muito melhor para a obra... A liderança não tinha esse entendimento, né. É difícil de ter esse entendimento. Então, ao longo do tempo a gente teve que ir capacitando as pessoas, mostrando quais os benefícios que o *Lean* traz. (Entrevistado 08).

A resistência à mudança é clássica, independente de qual seja: se você trouxe alguma coisa nova: "não dá certo", "não funciona". Ainda mais dentro da construção civil, porque as coisas são como são há muito tempo, não teve injeção de tecnologia, injeção de inovação, então: "faço isso há 30 anos assim, cara". Então é difícil, tem uma resistência muito grande. (...)

Tivemos muitas barreiras. Acho que liderança muito forte, muito presente, depende... esse processo de mudança depende inteiramente da nossa liderança, o fator da resistência à mudança, ele é presente, eu incluiria aí, além, dentro desse item, no item 2, incluiria as questões culturais, é muito forte, é muito presente, a gente buscar o tempo inteiro aquilo que nós executamos a 20, 30 ou 40 anos. Mas, certamente, tivemos muitas barreiras, entre outras. (Entrevistado 12).

Sim. Acho que é bem isso. Eu diria que o primeiro ponto aqui para a gente é a resistência à mudança, principalmente está associada a liderança essa questão. E eu falo a liderança mais direta, falo da mão de obra direta. Então, quando a gente fala desse tipo de liderança, os encarregados, os mestres, os supervisores que são aqueles caras com muita experiência, muita bagagem, cara de 20, 30 anos, 35 anos de experiência, quando a gente vem com um novo jeito de conversar sobre planejamento, realmente dá uma assustada. Então essa resistência à mudança é o grande ponto que a gente teve que conversar muito com essas pessoas e obviamente, o apoio da liderança da empresa suportando a importância desse processo para o todo, isso é fundamental. Então eu falo que mesmo minha participação nos treinamentos e no acompanhamento desse processo, o suporte dos gerentes de obra, é fundamental para que isso continue, para dar peso nessa etapa. Mas eu diria Bryan que realmente a resistência a mudança é o número 1 aqui, pelo menos para gente foi o ponto principal. (Entrevistado 14).

É um trabalho insano aí, junto às pessoas, junto às lideranças, e junto aos acionistas, ao conselho de administração, né. Porque o apoio desse segmento dentro da empresa, dessa área, é fundamental. Então a gente só conseguiu isso depois de 4, 5 anos de luta lá, de trabalho ininterrupto. Então eu concordo com essa sequência aí. Agora, a chave do sucesso é o engajamento *top down* da empresa. Parece até que na base é muito mais fácil das pessoas entenderem, porque o ganho é meio que direto. Você faz um *workshop* de um serviço numa semana, na outra você já vê um ganho de 30%, 20% em cima do recurso, então fica fácil mostrar. Mas, quando você vai subindo na organização, as

peçoas, parece que têm dificuldade de enxergar isso. Não sei se é a questão da posição, perda de poder, quando você democratiza a informação, quando você luta por uma liderança colaborativa, parece que as pessoas acham que perdem poder, e isso dificulta a implementação. (Entrevistado 09).

4.2.1.5 Tópico 4 – Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas LC?

Tabela 9

Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas LC?

	Lean: Superação de barreiras: Avaliação do cliente Gr=1	Lean: Superação de barreiras: Capacitação Gr=8	Lean: Superação de barreiras: Contratação de consultoria Gr=4	Lean: Superação de barreiras: Contratação de profissionais Gr=5	Lean: Superação de barreiras: Conhecimento da liderança Gr=3	Lean: Superação de barreiras: Criação de departamento específico Gr=6	Lean: Superação de barreiras: Demonstração de resultado prático Gr=3	Lean: Superação de barreiras: Escutar as bases Gr=1	Lean: Superação de barreiras: Governança Gr=2	Lean: Superação de barreiras: Iniciativa da liderança Gr=9	Lean: Superação de barreiras: Investimento Gr=1	Lean: Superação de barreiras: KPIs Gr=2	Lean: Superação de barreiras: Mudança gradual Gr=1	Lean: Superação de barreiras: Valorização dos profissionais alinhabados ao LEAN Gr=2
Entrevistado 1	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Entrevistado 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Entrevistado 4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 6	0	1	1	2	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Entrevistado 7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 8	0	1	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0
Entrevistado 9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Entrevistado 10	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Entrevistado 11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 14	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 15	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
TOTAL	1	8	4	5	3	6	3	1	2	9	1	2	1	2

Ao avaliar as 2 principais medidas, ou soluções encontradas mais citadas para minimizar as barreiras de implementação do LC nas empresas (Tabela 9), foram identificadas pelos respondentes **(i) iniciativa da liderança (ii) capacitação**.

Green e May (2005) citam a implementação do LC em 3 grupos de atuação, o primeiro sendo eliminação de desperdícios com foco na melhoria dos processos, o segundo focado no desenvolvimento de equipes e parceiros e o terceiro como evolução contínua através de treinamento e desenvolvimento. O tema de capacitação é citado em diversos artigos sobre barreiras de implementação LC, estando entre as top 3 barreiras. Segundo os autores, é a base fundamental de qualquer implementação, dado que o LC, além de trazer técnicas e ferramentas

para solução de problemas e estruturação de processos, faz parte de uma filosofia de trabalho, o que demanda mudança de *mindset*. Desta forma, os treinamentos e o desenvolvimento da equipe tornam-se uma alavanca fundamental, os autores reforçam que os treinamentos devem ser realizados em todos os níveis da organização interna e também externa, garantindo que os subcontratados e fornecedores também sejam envolvidos para garantir o sucesso da implementação e o devido entendimento da nova filosofia de trabalho (Sarhan et al., 2018).

Bygballe et al. (2018), Kanafani (2015), Albalkhy e Sweis (2020) também reforçam a necessidade de envolvimento da liderança como peça-chave para a transformação LC, de forma a suportar a organização na mudança de cultura.

Mano et al. (2020) em seu estudo reforçam:

Ao analisar o conjunto de oito barreiras identificadas, seis delas estão direta ou indiretamente relacionadas à liderança, da qual pelo menos três podem ser atenuadas pela construção de uma sólida base de conhecimento entre os líderes da empresa antes de iniciar a implantação. Isto porque, à medida que os gerentes desenvolvem seus conhecimentos sobre LC, tornando-se conscientes de casos de sucesso e das dificuldades que podem surgir no decorrer do desdobramento, é mais provável que haja apoio e compromisso com o projeto; além disso, eles estarão bem-preparados para conduzir a mudança. Esta convicção deve vir da experiência com a implantação de LC para demonstrar que os objetivos podem ser alcançados e que conceitos como a liderança, o compromisso e a cooperação contribuem para o crescimento pessoal e empresarial.

Para Albalkhy e Sweis (2020):

LC também requer uma mudança em a mentalidade gerencial, uma adoção de uma estratégia de longo prazo, uma mudança na organização estrutura e cultura, e altos níveis de comprometimento da alta administração, que é responsável por fornecer o apoio suficiente para adotar a LC, cujos resultados podem consumir mais recursos e tempo extra do que as práticas tradicionais a serem observadas.

Nas entrevistas com os executivos, além do descritivo das medidas, reforçando os elementos citados na literatura, foram mencionadas as soluções que trazem em seus discursos elementos que minimizam as barreiras, conforme os seguintes relatos:

Bem, foram várias. A primeira é... precisa ser *top down*, né. Então, a alta gerência precisa estar comprada, o CEO, os diretores. Precisa ser uma demanda que vem de cima. Segundo: mostrar que dá, botar a mão na massa na operação. Então é a gente estar junto ao chão de fábrica, né, e propor a melhoria, e acompanhar a implantação dessa melhoria no chão de fábrica. (Entrevistado 03).

Eu acho que, do ponto de vista de liderança, por se tratar, de fato, da liderança, é uma questão de conscientização e de instrução *top down* mesmo, porque tem certas coisas que têm que vir meio *top down*: "Oh, isso aqui é um programa. Eu vou implantar e você tem que estar aderente, engajado e motivado para defender a minha bandeira. Ponto". Isso é um primeiro ponto. Então, na alta liderança ela teve que vir uma mensagem *top down*. (Entrevistado 05).

Eu acho que foi o “número um” da empresa estar muito comprado. Então ele investiu, não só muito dinheiro, como também muito tempo nisso, né, muita energia. Ele estava sempre presente nos comitês de acompanhamento dos projetos, ele confrontava os seus liderados e com pares, realmente criou um desgaste muito grande na organização, mas eu não acho que sem isso isso seria possível. Eu acho que poderia até acontecer, mas ia demorar muito mais tempo do que o que levou no nosso caso, então acho que a liderança estava não só comprada, mas ela estava gastando energia nessa implementação, realmente acreditava e despendia muito tempo nisso. (Entrevistado 06).

Primeiro: a questão da capacitação das pessoas. A gente, mesmo internamente, a gente vem capacitando as pessoas. A cada novo projeto, a gente faz uma capacitação. Faz um plano de capacitação... nesse plano de implantação de cada projeto, sempre tem o item capacitação como um dos elementos importantes. E a capacitação é um passo necessariamente para uma sala de aula (o que precisa), mas também isso é um dia a dia, uma espécie de “mentoring” que vai ocorrendo todo dia, em oportunidades que surgem, a gente vai batendo nessa tecla, para poder criar esse entendimento dos principais conceitos que isso derruba muitas resistências. (Entrevistado 01).

Olha, nós começamos a fazer um trabalho, e foi mais eu mesmo junto ao conselho, para trazê-los para o jogo, né. E aí, depois de uns 2 anos, conseguimos que eles entendessem

e ajudassem a gente a colocar um dos 5 princípios da organização e valores, colocar que a empresa tinha um valor, que era ser simples e eficiente, voltada para o *Lean Construction*. Então, quando a gente conseguiu essa anuência do conselho, mudando até. Crescendo um valor importantíssimo na organização, aí acho que essa ficha caiu de forma geral. Aí as pessoas pensaram: "Bom, esse assunto não é uma onda que vai passar, isso realmente vai ficar e a gente vai ser avaliado por isso. (Entrevistado 09).

Primeiro ponto: engajamento da alta liderança. A gente tem tentado trazer mais contexto, principalmente pra aqueles mais aliados, então assim, a gente não consegue colocar toda a alta liderança no barco, mas a gente seleciona parte daqueles que entendem, que concordam, que enxergam valor pra poder serem os *sponsors*, os patrocinadores do dia a dia, então ainda que a alta liderança toda não esteja comprada, não vê valor imediato, não está presente ali no dia a dia, a gente cria fóruns de acompanhamento e *report* com essas pessoas que são mais favoráveis, então esse primeiro ponto da alta liderança é isso. (Entrevistado 15).

Treinamento. Não tem outra forma. Tem que pegar na mão do pessoal e capacitar. Nossa mão de obra não tem a visão do *Lean*, então para quem você perguntar: "conhece o *Lean*?" "Conheço". Ele conhece uma minipontinha, já ouviu falar uma vez, uma linha de balanço e acha que sabe o que é o *Lean*. Então é dar treinamento. As pessoas não estão preparadas para serem líderes. Nosso segmento (da construção civil), é muito arcaico, de maneira geral, desde a mão de obra intensiva até os engenheiros que a gente tem... não tem a cultura do planejamento: pessoal não pensa a longo prazo. O setor foi se constituindo dessa forma... você fazendo o seu mestrado, sabe bem. É difícil e a única forma para contornar isso é com treinamento. Tem que treinar, capacitar as pessoas e fazer isso que a gente está fazendo: mostrar que a teoria também funciona na prática. (Entrevistado 02).

O primeiro é capacitar o time, fazer com que o time entenda perfeitamente ou profundamente o que nós estamos propondo com a filosofia *Lean*, é o primeiro passo. (Entrevistado 12).

Nós fizemos todo um plano de capacitação... Como a figura mais importante da nossa empresa é o diretor de contrato, então, como ele é o líder que puxa imediatamente essa

implementação, nós fizemos um plano de capacitação para esse nível hierárquico, onde tivemos vários treinamentos de *Lean*, uma série de treinamentos que, vamos falar assim, contribuíram para esse líder puxar da forma correta e entender aquilo ali aquele movimento, e tirar o melhor proveito do *Lean*. Então isso foi um ponto, essa liderança. (Entrevistado 08).

4.2.1.6 Tópico 5 – Por que foi implementado o BIM na sua empresa?

Tabela 10

Por que foi implementado o BIM na sua empresa?

	Bim: Implementação: Antecipação do trabalho Gr=2	Bim: Implementação: Benchmarking Gr=1	Bim: Implementação: Compatibilização de atividades Gr=2	Bim: Implementação: Demanda externa Gr=6	Bim: Implementação: Diferencial competitivo Gr=4	Bim: Implementação: Evitar erros Gr=5	Bim: Implementação: Inovação Gr=2	Bim: Implementação: KPIs Gr=1	Bim: Implementação: Liderança Gr=5	Bim: Implementação: Melhor gestão Gr=5	Bim: Implementação: Melhorar comunicação Gr=3
Entrevistado 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Entrevistado 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 4	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Entrevistado 5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 6	0	0	0	1	1	0	0	0	1	2	0
Entrevistado 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Entrevistado 8	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Entrevistado 9	2	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
Entrevistado 10	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Entrevistado 11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Entrevistado 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 14	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Entrevistado 15	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
TOTAL	2	1	2	6	4	5	2	1	5	5	3

Ao avaliar os principais motivos mais citados para a implementação do BIM nas empresas (Tabela 10), foram identificados pelos respondentes **(i) demanda externa; (ii) evitar erros; (iii) liderança; (iv) melhor gestão.**

A utilização do BIM na construção civil já não é mais uma novidade e vem sendo estudada e apresentada com diversos benefícios por diversos autores, desde as primeiras publicações sobre o tema em 1970 até os dias atuais (Eastman et al. 2008). Os mais variados estudos evidenciam os benefícios do BIM ao longo de todo o ciclo da engenharia e construção, como: visualização 3D, gestão de mudanças, checagem de informação unificada e padronizada,

detecção prévia de erros (*clash detection*), uso de soluções pré-fabricadas simplificadas, gestão de custo e prazos 4D e 5D, gestão verde, gestão do ativo, o que vem gerando visibilidade da sua necessidade e importância da sua implementação, seja internamente por iniciativa empresarial por meio da liderança que busca mudanças e melhoria no *status quo* da empresa ou externamente por uma demanda governamental obrigatória que é uma realidade em mais de 10 países ou do próprio cliente privado, que também já enxergou os benefícios e busca a evolução dos seus projetos e construção. (Eastman et al. 2008; Gilligan & Kunz 2007; Young et al. 2008; Arayici et al. 2011; Nejat et al. 2012; Eadie et al. 2013; Porwal & Hewage 2013; Migilinskas et al. 2013; Cao et al. 2015; Azhar et al. 2008, 2011; Nisbet & Dinesen 2010; German 2012; Sun et al. (2017). A informação é reforçada a partir dos relatos dos seguintes executivos:

Inicialmente, no projeto em que ele foi implementado, porque era uma exigência contratual. O primeiro projeto era uma exigência contratual. Então, já se falava muito, mas, pela primeira vez se assinou um contrato que estava lá claro que a gente precisava ter o BIM em todo o desenvolvimento do projeto conceitual. Então, depois do básico, isso foi o *drive*. Foi a obrigatoriedade contratual. (Entrevistado 05).

Sendo bem franco, nós tivemos um projeto que era um *big box*, um grande centro logístico, no qual o cliente exigiu que a companhia tivesse o BIM. Eu também não tinha muito tempo de empresa. Eu entrei e fiz um período de meio ano de transição, porque eu tinha outras atividades, então eu não fiquei *full time* na empresa por um período. Quando eu entrei mesmo como diretor de operações, entrou esse projeto que nós tínhamos o desafio de implantar o BIM. Foi muito mais uma exigência do cliente do que um movimento da própria empresa. (Entrevistado 01).

O BIM, na empresa que eu trabalho, ele já tinha sido implementado há alguns anos... a gente está em 2022... há mais de 15 anos. É legal contar essa história porque está muito ligado com o motivo que a gente está implementando agora: era requisito do cliente que a gente atuava lá em 2008 a 2012 ter o modelo 3D, a parte de gestão de documentos, materiais, enfim. E era um pouco do DNA do mercado, a gente trabalhava muito no mercado industrial. Então, como era requisito do cliente, a gente formou um núcleo BIM para esses projetos. E o que que aconteceu? a gente teve um sucesso danado, a gente implementou isso e o mercado industrial fomentava muito, tinha muito profissional no mercado, só que o que o que aconteceu: o mercado industrial, principalmente o mercado

do refino, ele deu uma desacelerada muito grande, né, depois de 2012, 2013, e aí isso foi se perdendo. Então a gente perdeu as pessoas, perdeu os processos, e basicamente o BIM morreu com esses projetos. (Entrevistado 06).

Um dos motivos é para reduzir a taxa de retrabalho, a questão de construir primeiro no mundo virtual pra depois ir pro mundo real, permite a gente identificar mais restrições, permite a gente promover um alinhamento melhor, fazer um estudo melhor do projeto e, conseqüentemente, ter menos retrabalho, ter uma produção mais assertiva, uma produção com uma identificação melhor pra suprimentos, pra planejamento. (Entrevistado 15).

O BIM é uma ferramenta, uma plataforma que tem sido discutida há muito tempo. Nós temos lá no campo, lá na produção, muitas interferências decorrentes de problema de qualidade de projeto, de falta de informação e nós sentimos a necessidade de incorporar, de trazer essa tecnologia BIM pra dentro da empresa. O porquê necessariamente da implantação do BIM é exatamente a necessidade de evoluirmos com o nível de informação que chega na ponta. Esse é o motivo pelo qual nós implementamos. É buscando mais qualidade para os nossos projetos e mais tempestividade na tomada de decisão, através das informações retiradas da plataforma BIM. (Entrevistado 12).

O Bryan, eu sempre tive um sonho, eu militava muito nas obras, e os encarregados, os mestres sempre tiveram muita dificuldade em entender o que a gente faria na semana seguinte, faria no planejamento etc., as pessoas tinham dificuldade de visualizar as estruturas que a gente trabalhava, né. E tinha muito erro também, nos projetos, erro nas revisões, e tudo isso tomava um tempo muito grande da gente. Eu sempre sonhei com visualização de tudo isso antecipadamente. “Quando surgiu o BIM e tudo mais, a gente foi ampliando isso. Não era só a visualização 3D, era uma checagem de projeto também. Na área industrial, por exemplo, aquela quantidade de tubulação que tem, solda pra caramba etc. Tudo isso poderia ficar registrado, ficar, não só registrado, mas ele poderia fazer a checagem de tudo isso automaticamente, né, sem precisar gastar hora de projetista, hora de engenheiro para poder ficar checando se tubulação pega uma na outra, se o tubo fura a viga, não fura a viga etc. e tal. Então, assim, isso veio complementar muito mais ainda do que aquilo que eu sonhava. Então o BIM é uma ferramenta que está em evolução, né, a cada dia você agrega mais uma coisa no BIM. O planejamento, hoje,

você já agrega no BIM também. Custo... Então eu acho que, no final das contas, o BIM vai ser uma ferramenta essencial, fundamental, onde você já nasce no projeto, a concepção do BIM, quando você vai então fazer o orçamento, você usa toda aquela estrutura já montada, do BIM, já joga para dentro. (Entrevistado 09).

“A principal visão do BIM talvez diferente do *Lean*... ele veio para minha estratégia em 2018, quando a gente fez o plano de estratégia em 2018, eu e a minha VP, a gente tinha feito uma viagem pro Vale do Silício, o BIM na verdade não é nem uma inovação, ele é uma premissa que existe no mundo: ou a gente vai fazer a implantação BIM pra gente estar competitivo, ou a gente, de fato, vai morrer. Então ela veio da alta administração. (Entrevistado 10).

Conseguimos estar nessa fase que estamos hoje, vamos dizer, bem tão rápido assim, porque eu sou um dos sócios aqui da empresa, e é uma empresa pequena, então vamos implementar. Foi uma decisão que veio de cima. Se eu não tivesse conhecimento e alguém me trouxesse isso, ia ser um processo muito mais longo, muito mais demorado até a gente entender, aceitar. Então, a liderança faz parte disso daí. (Entrevistado 02).

4.2.1.7 Tópico 6 – Como a implementação do BIM trouxe benefícios para a organização? Quais?

Tabela 11

Como a implementação do BIM trouxe benefícios para a organização? Quais?

	Bim: Benefícios: Automatização dos processos Gr=1	Bim: Benefícios: Compatibilização Gr=3	Bim: Benefícios: Diferencial competitivo Gr=4	Bim: Benefícios: Evitar erros Gr=9	Bim: Benefícios: Melhor planejamento Gr=6	Bim: Benefícios: Melhoria na comunicação Gr=2	Bim: Benefícios: Melhoria na execução Gr=1	Bim: Benefícios: Multiplicação Gr=2	Bim: Benefícios: Visualização do projeto Gr=8
Entrevistado 1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Entrevistado 2	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Entrevistado 3	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 5	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 6	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Entrevistado 7	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Entrevistado 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 9	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Entrevistado 10	1	0	1	1	2	0	1	1	2
Entrevistado 11	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 12	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Entrevistado 13	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 14	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Entrevistado 15	0	1	1	1	1	0	0	0	0
TOTAL	1	3	4	9	6	2	1	2	8

Ao avaliar os 2 principais benefícios mais citados para a implementação do BIM nas empresas (Tabela 11), foram identificados pelos respondentes **(i) evitar erros e (ii) visualização do projeto**.

Estudos prévios demonstram diversos benefícios com o uso do BIM dado que a sua implementação permeia todo o ciclo da construção, os ganhos indicam 8-15% de *savings* para projetos novos e até 35% em projetos repetidos (Jernigan, 2007). Segundo Chan et al. (2019), em um estudo relacionando os benefícios do BIM, foram levantados 12: (1) melhoria na qualidade do projeto, (2) melhor entendimento do *design* do projeto, (3) dados do projeto ao longo de todo o ciclo do ativo, (4) transparência de escopo, (5) agilidade na aprovação da fase de *design*, (6) redução dos custos da construção, (7) melhor estimativa de custos e controle, (8) melhor planejamento e monitoramento, (9) comunicação mais eficiente, (10) redução da

duração do projeto, (11) melhoria nos fatores de segurança (12) melhoria de imagem da organização, trazendo maior competitividade. Os autores apresentam em sua pesquisa em um *ranking* com os top 3 benefícios: (1) melhor estimativa de custos e controle; (2) melhor entendimento do *design* do projeto e (3) redução dos custos da construção. A autora Georgiadou (2019) apresenta 5 ganhos-chave a partir de uma revisão na literatura com o BIM, sendo eles: (1) eficiência e custos; (2) garantia da qualidade e entrega no prazo; (3) melhoria da comunicação e colaboração; (4) otimização de *design* e (5) melhoria do conceito ao longo do ciclo de vida e sustentabilidade do projeto.

Azhar et al. (2008, 2011) trouxeram resultados quantitativos, como a redução de *clash detection*, podendo aumentar o valor agregado do projeto em até 10% em função da redução de perdas e erros ocasionadas ao longo da construção, redução do tempo de desenvolvimento do projeto em 7%, e redução de *change orders* ou necessidade de mais informações de projeto em até 40%. Os autores afirmam que o BIM traz um alto ROI (*return of investment*) entre 634% e 1633%. Giel e Issa (2013) em 3 estudos de caso apresentam o ROI variando entre 16% e 1654%. Nas entrevistas com os executivos, além do descritivo dos benefícios, foram mencionadas as soluções que trazem em seus discursos elementos que minimizam as barreiras, conforme os seguintes relatos:

Trouxe bastantes benefícios. As questões ligadas ao BIM, que, digamos assim, facilitam muito o *clash detection*, a questão da facilidade da gestão visual, do entendimento do que vai ser executado através do BIM, a facilidade do planejamento de utilizar o BIM para conectar com o planejamento. A gente fez alguns trabalhos com 4D em função de que o modelo do BIM estava mais estruturado, então ficava muito mais simples de fazer um trabalho de 4D, levantamentos de quantitativos, então agregou bastante. (Entrevistado 01).

Trouxe benefícios, claro, né. No caso de um projeto, por exemplo: o primeiro contrato foi um contrato de metrô. E a gente tinha, no nosso escopo, o desenvolvimento do projeto executivo, então tinha uma complexidade nesse projeto, que, se não fosse o BIM desde o primeiro momento – só para situar na escala de tempo, eu estou no final de 2015, meados de 2015, início de 2016 – então eu acho que, além da qualidade do projeto, da quantidade menor de retrabalho no projeto, e na forma como esse encaminhamento do projeto em campo, e aceitação, e a gestão dessas interfaces, inclusive com o cliente, eu acho que de cara foi um benefício, sem dúvida. (Entrevistado 06).

O primeiro benefício é a agilidade na compatibilização: agilidade e o resultado final. A gente consegue modelar, ter modeladas todas as disciplinas e o entendimento, o relatório de incompatibilidades é muito mais ágil e compreensível, então acho que esse é o principal ponto nessa primeira etapa no BIM na Alphaville de a gente antecipar os erros, os problemas que a gente pode ter de projeto na obra, uma versão digital, uma versão em 3D e poder corrigir, então esse é grande benefício. (Entrevistado 14).

Aumento de previsibilidade, melhoria no índice de remoção de restrições, melhor elaboração do planejamento (mais rápido e mais assertivo), redução no *lead time* de medições, melhor acurácia nos levantamentos de quantitativos, redução no índice de retrabalho e melhor aderência entre as disciplinas de projeto. (Entrevistado 15).

Trouxe benefícios do ponto de vista, exatamente, de nos dar maior flexibilidade, maior velocidade e maior assertividade com as decisões advindas de projetos, ou seja, você tem informações mais completas, você consegue olhar, fazer diversos cortes no mesmo projeto. Isso permite com que eu tire de campo, por exemplo, avalie melhor, as interferências entre disciplinas, ou seja, a gente traz no fim do dia, mais qualidade nas informações de projeto pra que o time de obra possa executar com mais, com maior assertividade. (Entrevistado 12).

“E ao mesmo tempo a perspectiva do cliente melhorou. Disponibilizamos um relatório para nosso cliente visualizar como estava o andamento da obra dele para dar mais transparência. Então a gente usou o BIM como meio de transparência para nosso *owner*. A gente conseguiu criar um ambiente muito mais colaborativo. (Entrevistado 10).

4.2.1.8 Tópico 7 – Ao longo da jornada de implementação do BIM na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?

Tabela 12

Ao longo da jornada de implementação do BIM na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?

	Bim: Barreira: Adequação dos fornecedores Gr=5	Bim: Barreira: Consultoria Gr=3	Bim: Barreira: Contratos Gr=3	Bim: Barreira: Demanda inexistente Gr=4	Bim: Barreira: Investimento Gr=3	Bim: Barreira: Liderança Gr=7	Bim: Barreira: Pouca difusão Gr=6	Bim: Barreira: Profissionais qualificados Gr=23	Bim: Barreira: Tecnologia Gr=4	Bim: Barreira: Tempo Gr=6
Entrevistado 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Entrevistado 2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Entrevistado 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Entrevistado 4	0	2	0	0	0	0	1	1	0	1
Entrevistado 5	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0
Entrevistado 6	0	0	0	1	1	1	1	2	0	1
Entrevistado 7	2	1	1	0	1	0	0	1	2	0
Entrevistado 8	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
Entrevistado 9	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0
Entrevistado 10	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Entrevistado 11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Entrevistado 12	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Entrevistado 13	2	0	2	0	0	2	0	1	1	0
Entrevistado 14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Entrevistado 15	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
TOTAL	5	3	3	4	3	7	6	23	4	6

Ao avaliar as 2 principais barreiras/ desafios mais citados para a implementação do BIM nas empresas (Tabela 12), foram identificadas pelos respondentes **(i) liderança e (ii) profissionais qualificados**.

Em um estudo realizado por Demirkesen e Tezel (2021) em relação ao uso de tecnologias na construção envolvendo soluções como BIM, digitalização e OIT, foram levantadas as barreiras que o setor enfrenta ao implementar essas soluções de maneira geral, dentre elas as 3 principais foram: (1) resistência à mudança; (2) baixa clareza e relação aos benefícios e ganhos e (3) custo da implementação. A falta de profissionais qualificados surge em 6º lugar em sua pesquisa.

Sun et al. (2017) realizaram um estudo buscando os fatores que limitam a implementação do BIM, e identificaram 22, de forma que estes foram agrupados em 5 categorias: (1) tecnologia; (2) custo; (3); gestão; (4) pessoas; (5) legal. Dentre elas as 3 mais votadas pelos respondentes foram fatores de gestão, 64%; tecnologia. 62%; e pessoas 62%. Esses resultados de maneira mais granular estão na “gestão” como um *gap* relacionado a profissionais qualificados e treinados para assumir a metodologia no dia a dia do trabalho, sendo o principal bloqueador para a expansão e maior utilização do BIM na construção, tecnologia como falta de interoperabilidade ocasionada pelos diversos sistemas ao longo do ciclo de desenvolvimento do projeto e gestão como mudanças no modelo tradicional de gerenciamento e modelos atuais de gestão.

Chan et al. (2019) levantaram 12 barreiras para a implementação do BIM em um estudo considerando o mercado de Hong Kong e tiveram como resultado as 3 principais: (1) barreira cultural (resistência à mudança); (2) estrutura organizacional atual não suporta o BIM; e (3) falta de interoperabilidade entre *softwares*. A informação é reforçada a partir dos relatos dos seguintes executivos:

O principal desafio que a gente teve foi a formação do time. A gente criou um time focado nisso, que a gente teve o desafio de criar essa competência no time e isso só foi possível, a gente criou um time formado, a gente criou uma célula para isso, foi uma equipe formada. A cadeia produtiva "não modelar em BIM" foi um desafio. Com relação aos profissionais BIM dedicados, a gente criou uma série destaque e a gente teve um *turnover*, a gente teve bastante *turnover*, o time saiu porque a gente foi destaque, e a nossa contramedida foi montar a escola. A gente montou uma escola de formação pra manter o conhecimento. De fato, isso é um... talvez o ponto seja o *turnover*. A gente sofreu muito. Tanto o BIM quanto o *Lean*, porque você vai formando gente para o mercado... isso é um problema. (Entrevistado 10).

A grande barreira são os próprios projetistas. Foi uma conversa que a gente teve com eles na fase de implantação. Ninguém fazia já direto no modelo. Então a gente teve que contratar... começamos a contratar um outro escritório de arquitetura pra pegar esses projetos, modelar esses projetos e a gente fazer os trabalhos de *clash detection*. Por esses projetistas não estarem no modelo, os projetos evoluem, então cada evolução que a gente tem nos 2D, a gente tinha que passar pro 3D pra fazer as compatibilizações, então esse *timing*, às vezes, não era o ideal, então tinha que ter um rigor aí nessa gestão, nessa

coordenação de projeto maior. O benefício é gigante, mas quando a gente não tem os projetistas na plataforma direto, a gente tem esse risco do *timing* das modificações e a gente não está no modelo. Eu diria que o grande ponto aqui são os projetistas, foram os projetistas. Hoje, a gente está numa maturidade diferente em relação a isso. (Entrevistado 14).

Primeiro ponto: conseguir mão de obra especializada com o orçamento disponível. Então, a gente muitas vezes não tem a mão de obra no local que a gente tem o projeto. A maioria dos nossos projetos estão em locais remotos, então a gente tem que desenvolver nossa mão de obra pra mandar pro local, então existe uma barreira pra isso, e, uma vez desenvolvida, essa mão de obra com essa pouca especialização que ela consegue, ela já se torna uma mão de obra atrativa pro mercado. Então a gente tem dificuldade de manter essa mão de obra, e o nosso índice de *turnover* acaba sendo alto e, somado a isso, o time de BIM está alocado nos nossos projetos em frentes remotas, e o mercado oferece muitas vagas pra esse tipo de profissional que não é remoto em grandes centros, em locais até no formato de *home office*, híbrido, então a gente tem uma dificuldade muito grande com mão de obra. (Entrevistado 15).

O Bryan, assim... liderança... esse, qualquer processo de transformação, esse é um item que não vai ter como fugir. Então, com certeza, liderança... Porque, se o líder não conhece, ele não vê valor, quem é que vai fazer ali pra baixo? Então, o líder tem que puxar isso. Lógico que tem algumas pessoas abaixo incentivando isso também, o que é importante, mas o líder é o principal motor dessa implementação, dessa transformação na empresa como um todo. Então, isso aí com certeza. (Entrevistado 08).

Agora, a liderança é sempre fundamental. Eu acho que a liderança é a chave de qualquer organização. Bons líderes, né. Então eu sempre gostei muito disso, sempre batalhei muito em formar bons líderes. E profissionais BIM é uma consequência. Quer dizer, se a empresa se movimenta nessa linha e quer fazer... você se lembra que nós contratamos no mercado alguns dos melhores profissionais nessa área de BIM para vir com a gente para ajudar a gente a implementar. (Entrevistado 09).

O primeiro a é a liderança, obviamente. O que adianta, né? Se o seu líder não quer fazer, não adianta esperar, ficar batendo cabeça. O negócio não vai. Tem até indicadores aí

de que os projetos que falham por conta de liderança e é verdade. Não sei se é 60%, 70%, esses números. Mas, o maior fator, para mim, é liderança mesmo. Isso daí acontece até na nossa vida. Se a gente não quer fazer as coisas, ninguém faz nada. Então eu acho que esse é um fator. Profissionais BIM dedicados e disponíveis no mercado. Porque como não tem tanta demanda, as empresas não estão fazendo tanto isso, os profissionais estão virando mosca branca, né. E a concorrência internacional está pegando, assim: eu perdi um funcionário, recentemente, que foi para os Estados Unidos. Então, o mercado externo consome nossos profissionais. Então o que que a gente faz, né? Porque o BIM também, eu acho que tem que ser uma capacitação em massa nas empresas, porque não adianta eu ter uns experts de BIM na sede, por exemplo, e nas obras eu não ter ninguém de BIM. Então, de novo, a gente precisa de um processo muito grande de capacitação dos profissionais em BIM. Porque não adianta eu orçar a obra em BIM, ganhar obra em BIM, chegar na obra e não ter gente que execute a obra em BIM. (Entrevistado 06).

4.2.1.9 Tópico 8 – Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?

Tabela 13

Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?

	Bim: Superação de barreira: Apoio da liderança Gr=2	Bim: Superação de barreira: Buscar fornecedores adequados Gr=1	Bim: Superação de barreira: Capacitação Gr=5	Bim: Superação de barreira: Comunicação Gr=2	Bim: Superação de barreira: Contratação de consultoria Gr=6	Bim: Superação de barreira: Contratação de profissionais Gr=2	Bim: Superação de barreira: Estudo em BIM Gr=2	Bim: Superação de Barreira: Integração do Bim à estratégia Gr=1	Bim: Superação de barreira: Investimento Gr=1	Bim: Superação de barreira: Mudança gradual Gr=2	Bim: Superação de Barreira: Tecnologia Gr=2
Entrevistado 1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Entrevistado 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Entrevistado 7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Entrevistado 8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Entrevistado 9	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
Entrevistado 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 11	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 12	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2	1	5	2	6	2	2	1	1	2	2

Ao avaliar as 2 principais medidas ou soluções encontradas mais citadas para minimizar as barreiras de implementação do BIM nas empresas (Tabela 13), foram identificadas pelos respondentes **(i) capacitação e (ii) contratação de consultoria.**

Segundo Ugwu e Kumaraswamy (2007), Morlhon et al. (2014), Arayici et al. (2009), a implementação do BIM vai muito além de tecnologia, deve envolver estratégia, processos, pessoas (gestão da mudança) e, por fim, também tecnologia. Para isto os autores reforçam que empresas que não possuem recursos *in house* com conhecimento em BIM devem optar pela contratação de consultores com conhecimento como facilitadores da implementação.

Os autores Young et al. (2008) e Ugwu e Kumaraswamy (2007) reforçam que o sucesso do BIM está diretamente relacionado ao pilar de pessoas e que a indústria da construção deve promover mais conhecimento, treinamento e desenvolvimento para os profissionais de forma a transformar o segmento como um todo a partir do uso do BIM nos projetos. Dados das entrevistas com os executivos reforçam a necessidade de capacitação e contratação de consultorias especializadas, indicando uma percepção favorável à literatura conforme os seguintes relatos com os executivos das construtoras brasileiras:

Também contratei uma consultoria, uma empresa especializada em BIM e coloquei um profissional nosso dedicado ao BIM, para que a gente conseguisse ter essa disciplina de seguir a rotina também que é bem parecido com o *Lean*: a gente tem que seguir a rotina, tem que todo mundo estar interagindo lá no mesmo modelo, tendo as reuniões (a gente fazia reuniões semanais para retirar interferências, para analisar como está o projeto). Então, para minimizar, eu também coloquei uma consultoria. (Entrevistado 11).

Na mesma direção do que nós fizemos com o *Lean*, nós trouxemos empresas de consultoria qualificadas para nos auxiliar com essa transformação também no BIM. Temos feito um trabalho muito forte de qualificação da nossa mão de obra interna, além de fortalecer a comunicação, ou seja, mostrando a importância do BIM, mostrando o valor que se pode tirar dessa plataforma, e naturalmente olhando pra médio, longo prazo, porque é uma transformação grande, que envolve também a cadeia de fornecedores: os projetistas também são, eu diria, que atrasados nessa jornada. Enfim: plantar para colher lá na frente. Acho que as medidas são essas. Trazer a visão de médio a longo prazo. É fundamental. (Entrevistado 12).

Nós temos uma consultoria aqui, dedicada, né, desde 2020. E aí eu vou tentando repassar conhecimento. Eu vou evoluindo, a gente vai pegando os treinamentos. Algumas atividades eu consigo absorver, outras nem tanto. Não é fácil, em função da especificidade de cada um, né. Por exemplo, o software Materials, por exemplo, é um software que não é tão simples de você dedicar um profissional para ele. (Entrevistado 7).

Nós fomos passo a passo. Nós contratamos algumas pessoas no mercado, fomos fazendo um trabalho de planejamento de implementação interna do BIM. Começamos nas propostas. Começamos a entender esse processo, botando as pessoas para estudar, porque era um assunto muito novo. Então o pessoal começou a estudar como implementar. Foi aí na época que surgiu esse grande problema das bibliotecas, a gente forçou essa barra aí em tentar no mercado ver para onde que seria a tendência, para qual biblioteca seria a tendência. Escolher esses parceiros para estar com a gente. (Entrevistado 09. Empresa “Amarelo”).

Com relação a profissionais BIM, nós tivemos oportunidade... a gente tem formação de pós-graduação, todos aqui na empresa, praticamente, são Master em BIM. Então nós fizemos curso fora, nós temos certificação da Zigate, em Portugal. Então nós não vimos dificuldade de nós sermos os BIM *managers* mesmo não sendo projetistas, não atuando, não mexendo no *software*. Então eu não vejo os profissionais BIM como uma dificuldade aqui para nós. (Entrevistado 04).

Então o que que a gente está fazendo? A gente está saneando nossa base, trabalhando na primeira camada, a base, na padronização, para a gente poder utilizar, de uma forma estruturada, o BIM. Então isso é uma coisa que a gente está fazendo. A outra coisa: a gente também está desenvolvendo, fazendo a gestão da mudança em relação ao BIM. Então a gente está capacitando as pessoas, a gente está explicando por que o BIM. A gente está explicando por que a gente quer a implementação do BIM. Entendendo os pontos de barreira que as pessoas têm. E depois ajudando as pessoas a implementar como uma consultoria interna. (Entrevistado 08).

4.2.1.9 Tópico 9 – Qual dos 2 conceitos LC e BIM foi implementando primeiro? Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, qual é?

Tabela 14

Qual dos 2 conceitos LC e BIM foi implementando primeiro? Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, qual?

	Processo: Bim antes do LEAN Gr=6	Processo: Bim e LEAN juntos Gr=1	Processo: LEAN antes do BIM Gr=5	Processo: Somente BIM Gr=1
Entrevistado 1	0	0	0	0
Entrevistado 2	1	0	0	0
Entrevistado 3	0	0	1	0
Entrevistado 4	1	0	0	0
Entrevistado 5	0	0	0	0
Entrevistado 6	1	0	0	0
Entrevistado 7	0	1	0	0
Entrevistado 8	0	0	1	0
Entrevistado 9	0	0	2	0
Entrevistado 10	1	0	0	0
Entrevistado 11	0	0	0	1
Entrevistado 12	0	0	1	0
Entrevistado 13	0	0	0	0
Entrevistado 14	1	0	0	0
Entrevistado 15	1	0	0	0
TOTAL	6	1	5	1

Ao avaliar qual das soluções foi implementada primeiro, com uma diferença de 1 resposta, o “BIM antes do LEAN” ficou à frente da opção “LEAN antes do BIM”, porém a diferença é pouco significativa para uma afirmação ao que deve ser implementado primeiro (Tabela 14).

Dave et al. (2013) reforçam que BIM e LC podem ser implementados de maneira individual, porém, ao implementar em conjunto, os resultados são potencializados, e a estabilidade torna-se mais fácil, dado que o LC facilita a implementação do BIM como o contrário também.

Tabela 15

Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, qual?

	Sinergia LEAN e BIM: Antecipar problemas Gr=4	Sinergia LEAN e BIM: compatibilização de projetos Gr=2	Sinergia LEAN e BIM: Dependência do tempo Gr=2	Sinergia LEAN e BIM: Fatores externos Gr=1	Sinergia LEAN e BIM: Gestão da informação Gr=3	Sinergia LEAN e BIM: Melhor gestão Gr=8	Sinergia LEAN e BIM: Melhor planejamento Gr=11	Sinergia LEAN e BIM: Melhor qualidade Gr=1	Sinergia LEAN e BIM: Padronização Gr=1	Sinergia LEAN e BIM: Produtividade Gr=1	Sinergia LEAN e BIM: Transparência Gr=2	Sinergia LEAN e BIM: Visualização da obra Gr=4
Entrevistado 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Entrevistado 2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Entrevistado 4	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 8	1	0	0	0	1	2	2	1	1	0	1	0
Entrevistado 9	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 10	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Entrevistado 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Entrevistado 12	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Entrevistado 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrevistado 14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Entrevistado 15	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
TOTAL	4	2	2	1	3	8	11	1	1	1	2	4

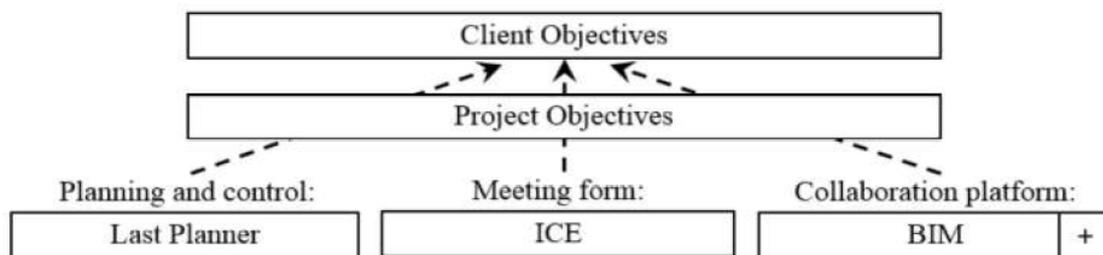
E em relação às duas principais sinergias citadas (Tabela 15), foram identificados pelos respondentes **(i) melhor planejamento e (ii) melhor gestão.**

No artigo de Sacks et al. (2010) é reforçado pelos autores possíveis interações positivas entre Lean e BIM, considerando 16 princípios *Lean* e 8 funcionalidades BIM de forma a gerar 55 interações ao integrar as duas soluções. Evans et al. (2020) desenvolveram um estudo com foco nos fatores críticos de sucesso na implementação do *Lean* e BIM em megaprojetos e identificaram as 5 principais alavancas de resultado considerando a sinergia entre eles, sendo eles (i) colaboração na fase de projetos e obras; (ii) apoio à alta direção organizacional; (iii) coordenação e planejamento da construção; (iv) visualização antecipada e precisa do projeto em 3D; (v) alavancagem da implementação *Lean* e integração da entrega do projeto. Segundo os autores Dave et al. (2013), a implementação do BIM gera todas as informações necessárias para a gestão LC nos projetos de construção de forma a gerar mais fluidez e assertividade na tomada de decisão da equipe envolvida, que vai desde a fase de desenvolvimento do projeto até a implantação da obra, e o LC facilita a implementação do BIM de forma que o ambiente LC possua ênfase na previsibilidade e disciplina, mas também na colaboração e experimentação, o que facilitará a introdução e implementação de tecnologias baseadas em BIM. Fosse et al.

(2017, July) desenvolvem em seu artigo o conceito de VDC (*virtual design construction*) trazendo para a construção um *framework* de integração entre o BIM e o LC de forma que os benefícios da integração estão na simulação antecipada das complexidades vividas na construção, de forma a entender os contratempos em um ambiente virtual e gerar soluções para o mundo real. Desta forma, os autores combinam o BIM e o LC de forma que o BIM aborda a confiabilidade das informações e o LC a confiabilidade dos processos, os 2 combinados geram o *framework* VDC (Figura 14):

Figura 14

Framework VDC



Recuperado de *Virtual design and construction: Aligning BIM and Lean in practice*, de Fosse, R., Ballard, G., Fischer, M. (2017, July).

O autor Dave (2013) em sua tese de PHD reforça a integração do BIM e LC e seus benefícios no planejamento integrado do projeto, reforçando que a integração traz benefícios para o processo e para o produto, melhorando a compreensão do que deve ser construído, onde e quando, com resultados tangíveis reduzindo o desperdício de processo (tempo de espera, variabilidade e retrabalho) e em última instância melhorando a qualidade e valor. Dados das entrevistas com os executivos reforçam a sinergia entre LC e BIM, indicando uma percepção favorável à literatura conforme os seguintes relatos com os executivos das construtoras brasileiras:

Claro que enxergo. Total sinergia. Hoje, você fazer, por exemplo, um cronograma de um determinado item usando um *Last Planner System*, você linkar macro com o teu BIM, eu acho que é válido. É possível. Que mais? Você usar ferramentas *Lean* para diminuir o ciclo de informações, né... a informação passa para mim, passa para o outro, passa para o outro... Então, assim, algumas ferramentas *Lean* sim, servem como boa referência no BIM. No que diz respeito a esse tráfico de informações. Você reduzindo

o tráfico de informações, usando softwares, usando a metodologia, onde as pessoas próprias se conversam, o resultado vem, onde você deixe marcado, deixe registrado as alterações, enfim. Eu acho que sim, existe uma sinergia. Não é a melhor sinergia do mundo, mas existe sim, essa sinergia. (Entrevistado 04).

Muito. Acho que hoje no Brasil, a nossa empresa é uma das que está mais tendo sinergia, pelo menos a gente vem sendo reconhecido por isso. Em todas as premiações de nova infra, valor, a gente tem muita sinergia, em especial um LPS, os nossos ritos já contam com a integração com o BIM... em especial a gestão de restrições e os planejamentos puxados. Os nossos times ainda não são os mesmos, então nosso time de BIM não é o mesmo de *Lean*, porém ele é um movimento que ele está cada dia mais próximo. (Entrevistado 15).

Enxergo bastante sinergia. A gente ainda trabalha para usar ao máximo esse benefício, mas é o planejamento 4D que a gente sempre fala, que é um objetivo nosso de usar as ferramentas que a gente tem à disposição do modelo pra também enxergar a evolução dos cronogramas no cadenciamento que a gente planejou. Então esse é um grande objetivo que a gente tem, mas a gente ainda não está lá. (Entrevistado 14).

Eu acho que tem total sinergia entre as duas questões, porque quando você vai falar no ramo de padronização, então você tem que padronizar a sua base, então você tem que ter uma gestão de sistemas, você tem métodos bem definidos ali que forçam a empresa a trabalhar de uma forma estruturada. Você consegue trazer quantitativos... porque nós, da excelência operacional, nos nossos planejamentos, a gente às vezes usa a metodologia “TAKT” para fazer algum determinado planejamento, ou então a gente utiliza lotes diferentes. Então você consegue extrair o quantitativo daquele projeto muito mais rápido, você consegue dividir os lotes de produção conforme você vai atacar, você consegue dar avanço para o projeto, você consegue linkar tudo isso com a gestão de materiais - que é, para mim, do BIM, eu vejo como talvez o ponto mais forte de tudo do BIM: a gestão de materiais, porque se você for pegar as nossas obras, principalmente dessas obras com materiais engenheirado, mais de 50% do custo é material. Então, se a gente tem uma gestão boa, padronizada, você consegue reduzir perdas, né, no final, como um todo, e fazer uma gestão eficiente. (Entrevistado 08).

Com certeza. O principal ponto é conseguir planejar com antecedência a longo prazo. Eu vejo que o ponto de encontro dos dois é isso daí. Com o Lean, você consegue olhar lá na frente com certeza. E o BIM fornece todos os dados que você precisa para fazer essas análises. Então eles se casam perfeitamente. Eu vejo que essa parte toda de eliminar desperdício, de eliminar retrabalho, você tem todas as informações que você precisa dentro do modelo. Uma vez que você modela isso de forma parametrizada, de forma organizada, quando você finaliza o modelo, você tem toda a estrutura de orçamento e já de planejamento montado. Então eles conversam muito, com certeza. (Entrevistado 02).

Bom, Bryan, nós começamos com o Lean, depois trouxemos a plataforma BIM. Eu diria que os dois conceitos são fundamentais para que a construção civil avance na direção de ganhar produtividade, ser mais assertiva, diminuir desperdícios. Isso é fundamental e está muito claro para nós. (Entrevistado 12).

Eu enxergo. Porque, assim [...], eu acho que o grande ponto, né, Bryan, hoje, por exemplo, nesse projeto que eu comentei com você, que eu não vou repetir para não ficar gravado só, um cliente relevante, um projeto grande, mais de um bilhão, que a gente vai ter uma série de soluções de projeto alternativas que a gente já conceituou e agora vai para o executivo, nesse nascedouro, a gente tem 18 meses para detalhar o projeto executivo, então a gente está vivendo uma experiência de primeiro mundo. Ou seja: a gente só vai entrar na obra depois de 18 meses de desenvolvimento do projeto executivo. Que já se iniciaram, nós já estamos no mês 4. Então, aqui, no nascedouro, a gente já está implementando os dois conceitos. Quer dizer, a nossa fábrica de pré-moldado, que tem muita obra de arte especial. A nossa fábrica de pré-moldado, ela está nascendo nesse conceito *Lean* desde o projeto conceitual, e o desenvolvimento do projeto executivo também já nasce com o conceito e implementando também o BIM. Então, esse caso, o fica fácil. É o primeiro caso que eu - tenho 25 anos de vida profissional - é a primeira vez que eu estou vivendo essa situação de ter um projeto onde a gente desenvolveu um conceitual e vai ter 18 meses antes de entrar na obra, desenvolver um projeto executivo em conjunto com o cliente. É a primeira oportunidade. Então nós estamos vivendo aqui uma situação que a gente não vai poder olhar depois e dizer: "não foi pensado". Não tem como. 18 meses de uma equipe de, só da nossa parte, são 16 pessoas. Então, nesse caso, eu acho que funciona bem, sai casado, redondinho. Pegando uma obra que já está

andando, eu te confesso que eu acho que aí a coisa fica meio quadrada. Então, por exemplo, o BIM, se a obra já está muito avançada, enfim... aí eu acho que é... não sei se funciona. Eu tenho minhas dúvidas. O *Lean*, depende. Se você ainda tem escopo ali que caiba você implementar, ainda vai. Mas, assim. Resumidamente, eu acho que eles conversam entre si. E acho que, se estão aqui atrás, no nascedouro do projeto, a tendência é a gente ter, e eu tenho defendido isso aqui dentro. A gente vai entregar um projeto de mais de um bilhão, daqui a 5 anos, que nasceu da forma correta. A gente não vai ter desculpa de dizer que teve algum problema. Ah, deu problema... não tem como. É porque o cliente, como é privado, a gente só vai ter a ordem de serviço definitiva na hora que tiver todo o detalhamento do projeto executivo e o licenciamento aprovados. (Entrevistado 05).

4.3 Consolidação da pesquisa mista

De forma a atingir os objetivos estabelecidos pela pesquisa, foi definido como estratégia metodológica a adoção de uma perspectiva de métodos mistos, na qual foi feita a integração dos dados obtidos a partir dos métodos quantitativos (fechados) e qualitativos (abertos) e a interpretação desses dados a fim de comparação (Creswell & Clark, 2013).

No primeiro momento, foi dada maior ênfase à revisão literária, buscando pesquisas já realizadas referente às barreiras de implementação do LC e BIM, de forma a utilizar como base formulários já aplicados anteriormente por outros autores. Em seguida, foram definidos os devidos formulários que serviriam com base na *survey* para pesquisa quantitativa considerando (i) a existência ou não das práticas de forma isolada LC, BIM ou LC combinado com BIM ou nenhuma delas e (ii) as barreiras para implementação do LC e BIM. Como terceira etapa foi realizado um entendimento dos resultados obtidos na *survey* para a construção do questionário qualitativo de forma a buscar entender de maneira ainda mais profunda as motivações, barreiras, benefícios e a correlação entre LC e BIM. E, por fim, foi desenvolvido pelo autor a interpretação da análise dos dados a partir de uma análise convergente buscando reforçar através da pesquisa quantitativa pontos abordados pela pesquisa qualitativa.

Segundo a pesquisa quantitativa realizada, os respondentes que já haviam aplicado LC e BIM, avaliaram que as barreiras principais para a implementação do LC são (i) resistência da administração a mudança; (ii) falta de apoio e compromisso da alta administração, (iii) filosofia de longo prazo e planejamento, e BIM: (i) suporte da alta administração, (ii) aceitação/ abertura/ solicitação do cliente para o uso de projetos BIM e (iii) equipe profissional de projeto BIM

dentro das empresas. Os entrevistados da pesquisa qualitativa, ao avaliarem as também 3 principais barreiras e desafios mais citados para a implementação do LC nas empresas, identificaram (i) liderança; (ii) resistência à mudança e (iii) cobrança por resultado de curto prazo, o que está em linha com os pontos levantados pela pesquisa quantitativa, reforçando o desafio que o LC vai além de ferramentas e que a liderança possui um papel fundamental na implementação, suportando a mudança de cultura necessária. No item (iii) existe uma correlação entre a falta de uma filosofia de longo prazo e planejamento com a cobrança por resultados de curto prazo, o que seria de alguma forma complementar, em que a falta de uma filosofia de longo prazo e planejamento gera um excesso de cobrança por resultados de curto prazo. Quando avaliamos também na literatura, pontos como liderança, cultura e filosofia de longo prazo são considerados fatores-chave de qualquer transformação LC. Conectando as barreiras apresentadas na pesquisa qualitativa, os respondentes associaram (i) participação efetiva da liderança como responsável pela iniciativa, e (ii) treinamento e desenvolvimento das equipes como fatores-chave para o sucesso na implementação.

Ao avaliarmos a pesquisa qualitativa relacionada às barreiras de implementação do BIM, foram identificadas como as principais: (i) profissionais qualificados; (ii) liderança; (iii) tempo; e (iv) pouca difusão, o que está parcialmente alinhado à pesquisa quantitativa em que os itens (i) profissionais qualificados e (ii) liderança remetem a 2 dos 3 principais levantados na pesquisa quantitativa. O item (ii) da pesquisa quantitativa, “aceitação/ abertura/ solicitação do cliente para o uso de projetos BIM”, também foi levantado pelos entrevistados da pesquisa qualitativa, porém não foi elencado entre as barreiras principais. A pesquisa qualitativa corrobora com o fato de que o BIM deve ser uma iniciativa da liderança, dado que existem investimentos necessários para a implementação, e a necessidade de desenvolvimento de profissionais com conhecimento em BIM e a dedicação destes a implementação torna-se um fator crítico para o sucesso. A literatura reforça que as barreiras principais estão relacionadas a liderança, cultura e pessoas com conhecimento BIM, fortalecendo os dados levantados pela pesquisa quantitativa. Como soluções levantadas pelos entrevistados, a pesquisa qualitativa como (i) contratação de consultoria e (ii) capacitação foram pontos importantes considerados como chave para as implementações.

4.4 Considerações finais

O presente estudo buscou evidenciar na literatura e na prática as barreiras que dificultam as implementações e as devidas soluções adotadas, considerando o LC e BIM, utilizando

referências atualizadas na literatura recente como também a aplicação dessas no segmento da construção civil brasileira. Dentre as principais barreiras relatadas na literatura, encontram-se como as principais LC: (i) cultura (ii) liderança; (iii) capacitação; e BIM: (i) liderança; (ii) investimento/custos; (iii) demanda do cliente inexistente. No presente estudo foram identificadas e priorizadas como barreiras do LC: (i) liderança; (ii) resistência à mudança; (iii) filosofia de longo prazo e planejamento; e (iv) cobrança por resultados de curto prazo, e BIM: (i) liderança; (ii) demanda do cliente inexistente; (iii) profissionais BIM dedicados e qualificados; (iv) tempo; e (v) pouca difusão.

No presente estudo foram identificadas pelos executivos que implementaram na prática as soluções para a adoção do LC (i) iniciativa da liderança e (ii) capacitação como principais e BIM (i) capacitação e (ii) contratação de consultoria como principais. Os executivos em ambos os casos reforçam que tanto o LC quanto o BIM trazem mudanças de cultura e precisam ter o suporte da liderança da empresa e a capacitação dos profissionais como pontos fundamentais da transformação.

A partir dos resultados, foi evidenciada a baixa adoção de práticas LC e BIM no segmento da construção, de forma que 65,9% dos entrevistados não implementam nenhuma solução, e 17,5% implementam as duas soluções. Neste sentido, o estudo reforça que existe um *gap* no segmento, e, segundo a literatura, somada à pesquisa, as barreiras que prejudicam a adoção dessas soluções no segmento estão relacionadas a uma liderança que suporte a transformação e mudança/resistência cultural a novas práticas.

O estudo também reforça a sinergia existente entre os conceitos LC e BIM tanto na literatura quanto na pesquisa qualitativa, evidenciando os benefícios com a adoção conjunta das duas metodologias de forma a potencializar os ganhos também ao facilitar a implementação das duas soluções. em que uma solução auxilia na implementação da outra. Foram evidenciados pelos executivos os principais ganhos relacionados a (i) melhor planejamento e (ii) melhor gestão.

A construção civil precisa mudar a forma como executa e gere os projetos, tornando o setor mais produtivo, digitalizado e com foco em eficiência. A implementação do LC e BIM está relacionado à transformação de toda uma organização, iniciando por uma mudança cultural que deve ser conduzida e suportada pela liderança. As barreiras de implementação são inúmeras e foram evidenciadas no presente estudo com foco em auxiliar as empresas de forma a trazer mais informações perante os possíveis desafios para implementação do LC e BIM.

A pesquisa buscou contribuir de maneira inédita no segmento da construção civil brasileira no sentido de evidenciar a baixa adoção de boas práticas na construção civil como

LC e BIM, e as barreiras existentes que influem diretamente no baixo índice de implementação dessas boas práticas.

O estudo apresenta limitações quanto ao universo da pesquisa, mesmo que tenha sido considerada uma amostra de 72 pessoas de 15 estados do país. Como sugestão de próximos estudos, a replicação da *survey* em outros cenários ou subsegmentos da indústria da construção podendo auxiliar na construção de uma base maior de análise de dados e o estudo específico focado nas principais barreiras encontradas através de estudos de caso com empresas que implementam ou implementaram LC e BIM com foco nas soluções encontradas para as barreiras vivenciadas. Outra sugestão de próximos passos seria um estudo de caso acompanhando os resultados quantitativos e qualitativos da implementação LC e BIM considerando um projeto específico, de forma a trazer maior robustez na base de dados de resultados para o segmento.

REFERÊNCIAS

- ABECIP (2021). *Boletim Informativo de Crédito Imobiliário e Poupança*. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <https://www.abecip.org.br/admin/assets/uploads/anexos/data-abecip-2021-10.pdf>
- ABRAINCC (2021). *A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira*. Recuperado em 26 outubro de 2021 de <https://www.abraincc.org.br/abraincc-explica/2021/06/28/abraincc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>
- Albalkhy, W., & Sweis, R. (2020). Barriers to adopting lean construction in the construction industry: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Arayici, Y., Egbu, C. & Coates, P., 2012. Building Information Modelling (Bim) implementation and remote construction projects: Issues, challenges, and critiques. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 17, pp. 75 - 59.
- Arayici, Y., Khosrowshahi, F., Ponting, A. M., & Mihindu, S. A. (2009, May). Towards implementation of building information modelling in the construction industry. In *Proceedings of the fifth international conference on construction in the 21st century: Collaboration and integration in engineering, management and technology*. pp. 1342-1351.
- Arayici, Y.; Coates, P.; Koskela, L.; Kagioglou, M.; Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). *Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice, Automation in Construction* 20(2): 189–195
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>
- Atkinson, P. (2010), “Lean is a cultural issue”, *Management Services*, 54(2), pp. 35-41.
- Autodesk, Inc. (s.d.). *Building information modeling [online]*, [cited 30 Janeiro 2022]. Available from Internet:
[https://www.autodesk.com.br/solutions/bim#:~:text=A%20BIM%20\(Modelagem%20de%20Informa%C3%A7%C3%A3o,e%20o%20mundo%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o.](https://www.autodesk.com.br/solutions/bim#:~:text=A%20BIM%20(Modelagem%20de%20Informa%C3%A7%C3%A3o,e%20o%20mundo%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o.)
- Azhar, S., Abid, N., Mok, J., & Leung, B. (2008). Building information modeling (BIM): a new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. In *the 1th International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I)*, 4–5 August 2008, Karachi, Pakistan, pp.435–446.

- Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., & Ahmad, I. (2011a). *Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis*. *Automation in Construction*, 20(2), pp. 217–224.
- Azhar, S.; Hein, M.; Sketo, B. (2011b). *Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*, *Leadership and Management in Engineering* 11(3): 241–252. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Aziz, R.F. & Hafez, S.M. (2013), “Applying lean thinking in construction and performance improvement”, *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), pp. 679-695.
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2020). Lean construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J. Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N., & Brown, S. (2017). *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey Global Institute (MGI), McKinsey & Company.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70, Lisboa.
- Benbasat, I. Goldstein, D., & Mead, M. (1987 september). *The Case Research Strategy in Studies of Information Systems*. *MIS Quartely*.
- Bhasin, S. (2012). An appropriate change strategy for lean success. *Management Decision*.
- Blanchard, D. (2007). *Census of U.S. Manufacturers – Lean Green and Low Cost*. Industry Week, October.
- Bygballe, L. E., Endresen, M., & Fållun, S. (2018). *The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects*. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Cao, D., Wang, G., Li, H., Skitmore, M., Huang, T., & Zhang, W. (2015). Building Information Modeling practice and effectiveness in construction projects in China. *Building Automation*, 49, 113-122.
- CBIC (2021). *Construção prevê maior crescimento para o setor desde 2013 e diz que avanço poderia ser ainda maior*. Recuperado em 17 dezembro de 2021 de <https://cbic.org.br/construcao-preve-maior-crescimento-para-o-setor-desde-2013-e-diz-que-avanco-poderia-ser-ainda-maior/>
- CBIC (2022). *PIB da construção fecha o ano com crescimento de 9,7%, a maior alta em 11 anos*. Recuperado em 02 outubro de 2021 de <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/03/informativo-economico-pib-04-marco-2022.pdf>

- Chan, D. W., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*, 25, 100764.
- Changali, S., Mohammad, A., & Nieuwland, M V. (2015). *The construction productivity imperative*, McKinsey Productivity Sciences Center, McKinsey & Company.
- CNI (2019). *Produção Enxuta na Indústria da Construção Civil Brasileira*.
- Creswell, J. W. (2014). *Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. Sage.
- Creswell, J. W. (2015). *A concise introduction to mixed methods research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2013). *Pesquisa de Métodos Mistos*. (2a. ed.). Penso Editora.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Penso Editora.
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S., & Harty, C. (2017). BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building Research & Information*, 45(6). pp. 696–709. doi:10.1080/09613218.2017.1293940.
- Dave, B. (2013). *Developing a construction management system based on lean construction and building information modelling*. University of Salford (United Kingdom).
- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Tzortzopoulos, P., & Owen, R. (2013) *Implementing lean in construction: Lean construction and BIM [CIRIA Guide C725]*. CIRIA - Construction Industry Research and Information Association, United Kingdom.
- Demirkesen, S., & Tezel, A. (2021). Investigating major challenges for industry 4.0 adoption among construction companies. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(3), 1470-1503.
- Dieese (2020). *A Construção Civil e os Trabalhadores: panorama dos anos recentes*. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos.
- Diekmann, J.E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T., & Won, S. (2004). *Application of lean manufacturing principles to construction (CII Report 191)*. Austin, TX: The University of Texas at Austin.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). *BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: an analysis, Automation in Construction*. 36: 145–151.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>
- Easterby-Smith, M., Thorpe, R., & Jackson, P. R. (2012). *Management research*. Sage.

- Eastman, C. M. (1999). *Building product models: computer environments supporting design and construction*. Boca Raton: CRC Press, 411p.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2014). *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. Bookman Editora.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2008). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. John Wiley & Sons, Inc., 337– 338. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470261309>
- Egan, J. (1998). *Rethinking construction: The report of the Construction Task Force*. London: Department of Environment, Transport and the Regions.
- Evans, M., & Farrell, P. (2020). *Barriers to integrating building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi study*. Benchmarking: An International Journal.
- Evans, M., Farrell, P., Mashali, A., & Zewein, W. (2020). *Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: A Delphi survey*. Journal of engineering, design and technology.
- Farrar, J.M., AbouRizk, S.M., & Mao, X. (2004). Generic implementation of lean concepts in simulation models. *Lean Construction Journal*. 1(1), pp. 1-23.
- Fosse, R., Ballard, G., & Fischer, M. (2017, July). Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 9-12 July 2017, Heraklion, Greece.
- Freitas, H., Oliveira, M., Saccol, A. Z., & Moscarola, J. (2000). O método de pesquisa survey. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, 35(3).
- Ganah, A., & John, G. A. (2015). An overview of the feasibility of achieving level 2 building information modeling by 2016 in the UK. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(8), pp.885-894.
- Gao S., & Sui Pheng, L. (2014). Barriers to lean implementation in the construction industry in China. *Journal of Technology Management in China*, 9(2). pp. 155-173 Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/JTMC-12-2013-0043>
- Garnett, N., Jones, D., & Murray, S. (1998). Strategic application of lean thinking. Proceedings IGLC, Guarujá, August. pp.13-15.
- Georgiadou, M. C. (2019). *An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects*. Construction Innovation.

- German, P. (2012). *Evaluation of training needs for Building Information Modeling (BIM)*. ProQuest, UMI Dissertation Publishing.
- Giel, B. K. & Issa, R. A. (2013). Return on investment analysis of using building information modeling in construction, *Journal of Computing in Civil Engineering* 27(5): 511–521. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000164](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000164)
- Gilligan, B., & Kunz, J. (2007). *VDC use in 2007: significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity*. TR171, 36.
- GOV.BR. (2020). *Decreto N° 10.306, de 2 de abril de 2020*. Recuperado em 6 fevereiro de 2022 de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm
- Green, S.D. & May, S.C. (2005), “Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of ‘Leanness’”, *Building Research and Information*, 33(6), pp. 498-511.
- Hanson, W. E., Creswell, J. W., Clark, V. L. P., Petska, K. S., & Creswell, J. D. (2005). Mixed methods research designs in counseling psychology. *Journal of counseling psychology*, 52(2), p.224.
- Haskin, D. (2010), “Allocating internal audit costs in a lean environment”, *Internal Auditing*, 25, pp. 25-32.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación*. 4, pp. México eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana. pp.310-386.
- IGLC.net. (2021). Recuperado de <https://www.iglc.net/Home/About>
- Ismail, N. A. A., Chiozzi, M., & Drogemuller, R. (2017). An overview of BIM uptake in Asian developing countries. In *AIP conference Proceedings 1903*(1), p. 080008). AIP Publishing LLC.
- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., & Rane, S. B. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Jamil S., Bo X., Sabrina F., Azharul K., & Ayokunle O. (2018). *Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry*. Construction Innovation, <https://doi.org/10.1108/CI-04-2017-0033>
- Jernigan, F. (2007). *BIG BIM little bim: The practical approach to building information modeling*, edn.
- Johansen, E., & Lorenz, W. (2007). Lean construction: Prospects for the German construction industry. *Lean Construction Journal*, 3(1). pp. 19-32. ISSN 1555-1369.

- Kanafani, J. A. (2015). *Barriers to the implementation of lean thinking in the construction industry—the case of UAE*. Master of Business Administration), Master thesis, University of Leicester, Leicester, UK.
- Kassem, M., & Amorim, S. L. R. (2015) *Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia*. Brasília: relatório, 2015. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>.
- Kearney, S., & MacDonald, M. (2019). *NBS International BIM Report 2019*. RIBA Enterprises Ltd. “Driving Economic Prosperity through BIM adoption”
- Keiser, J. A. (2012, July). Leadership and Cultural Change: Necessary components of a lean transformation. In *Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Ko, C.H. (2010). Application of lean production system in the construction industry: an empirical study. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 5(2), pp. 71-77.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford university, Stanford, CA.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction. *Design and construction: Building in value*, 291, 211-226.
- Lam, T.T., Mahdjoubi, L., & Mason, J. (2017). A framework to assist in the analysis of risks and rewards of adopting BIM for SMEs in the UK. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(6), pp. 740–752. doi:10.3846/13923730.2017.1281840.
- Liker, J.K. (2004), *The Toyota Way – 14 Management Principles from the Worlds Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Mahalingam, A., Yadav, A. K., & Varaprasad, J. (2015). Investigating *the role of lean practices in enabling BIM adoption: Evidence from two Indian cases*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7), 05015006.
- Mano, A. P., da Costa, S. E. G., & de Lima, E. P. (2020). Criticality assessment of the barriers to Lean Construction. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Marhani, M.A., Jaapar, A. & Bari, N.A.A. (2012), “Lean construction: towards enhancing sustainable construction in Malaysia”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 68, pp. 87-98.

- Martinez, E., Reid, C. K., & Tommelein, I. D. (2019). *Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America. Construction Innovation*.
- McAuley, B., Hore, A., & West, R. (2017). *Building information modelling in Ireland*.
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation. *Procedia engineering*, 57, 767-774.
- Milberg, C., & Walsh, K. D. (2012). *Exploring lean construction practice, research, and education*. Engineering, Construction and Architectural Management.
- Ministério da Infraestrutura (2021). *Pais fecha 2021 com 108 obras entregues e 39 ativos concedidos à iniciativa privada*. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2021/12/pais-fecha-2021-com-108-obras-entregues-e-39-ativos-concedidos-a-iniciativa-privada>
- Mohan, S.B., & Iyer, S. (2005). Effectiveness of lean principles in construction. In *13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Sydney, Australia, 19-21 pp. 421-429.
- Morlhon, R., Pellerin, R. & Bourgault, M., 2014. *Building information modeling implementation through maturity evaluation and critical success factors management*. *Procedial Technology*, 16, pp.1126-1134 <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.127>.
- Mossman, A. (2009). Why isn't the UK construction industry going lean with gusto? *Lean Construction Journal*, pp. 13-23.
- NBS (2018) National BIM Report 2018. *Newcastle upon Tyne: relatório, 2018*. Recuperado em 21 dezembro de 2021 de <https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018>.
- Nejat, A., Darwish, M. M., & Ghebrab, T. (2012, June). BIM teaching strategy for construction engineering students. In *2012 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 25-262).
- NIBS (s.d.). National Institute of Building Sciences [online], [cited 30 Janeiro 2022]. Available from Internet: <https://www.nationalbimstandard.org/about>
- Niepce, W., & Molleman, E. (1996). Characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems: a case study. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Nisbet, N., & Dinesen, B. (2010). *Constructing the business case: Building information modelling*. London, UK: British Standards Institution.

- Nisbet, N., & Dinesen, B. (2010). *Constructing the business case: Building Information Modeling*. British Standards Institution and BuildingSMART, UK.
- Ogunbiyi, O.E. (2014), “Implementation of the lean approach in sustainable construction: a conceptual framework”, PhD Thesis, University of Central Lancashire.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Cambridge, MA: Productivity press.
- Paez, O., Salem, S., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). Moving from lean manufacturing to lean construction: Toward a common sociotechnological framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 15(2), pp.233-245.
- Penttilä, H. (2006). *Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression*, ITCON 11 (Special Issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality), 2006, pp. 395–408.
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in construction*, 31, 204-214.
- Rajat A., Shankar C., & Mukund S. (2016). *Imagining construction’s digital future*, McKinsey Productivity Sciences Center, McKinsey & Company.
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. (2018). *Manual de BIM*. (3a. ed.). 565p.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of construction engineering and management*, 136(9), pp.968-980.
- Saka, A. B., & Chan, D. W. (2020). *Profound barriers to building information modelling (BIM) adoption in construction small and medium-sized enterprises (SMEs): An interpretive structural modelling approach*. Construction Innovation.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean construction: from theory to implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), pp. 168-175.
- Samimpay, R., & Saghatforoush, E. (2020). Benefits of implementing building information modeling (BIM) in infrastructure projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 10(2), pp.123-140.
- Sarhan, J., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., & Olanipekun, A. (2018). *Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry*. Construction Innovation.
- Schonberger, R. (1996), “Backing off from the bottom line”, *Executive Excellence*, 13, May, pp. 16-17.

- Shang, G., & Pheng, L. S. (2014). Barriers to lean implementation in the construction industry in China. *Journal of technology Management in China*.
- Shingo, S. (1981). *Study of the Toyota Production System*. Japan Management Association, New York, NY, Productivity Press.
- Shook, J.Y. (1997). Bringing the Toyota production system to the united states: a personal perspective. In Liker, J.K. (Ed.). *Becoming Lean: Inside Stories of US Manufacturers*, Productivity Press. Portland.
- Shurrab, J., & Hussain, M. (2018). An empirical study of the impact of lean on the performance of the construction industry in UAE. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
- Sienge (2021). *O impacto e a importância da construção civil no país*. Recuperado em 05 novembro de 2021 de <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/>
- Sim, K.L. & Rogers, J.W. (2009). Implementing lean production systems: barriers to change. *Management Research News*, 32(1), pp. 37-49.
- Simonsson, P., & Emborg, M. (2007). Industrialization in Swedish bridge engineering: a case study of lean construction. In *Annual Conference of the International Group for Lean Construction: 18/07/2007-20/07/2007*, 2007, MI State University Press, pp. 244-253.
- Singh, I (2017). *BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations*. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>.
- Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020). Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Succar, B. (2009). *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. *Automation in construction*, 18(3), pp.357-375.
- Sun, C., Jiang, S., Skibniewski, M. J., Man, Q., & Shen, L. (2017). A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(5), pp.764-779.
- Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B., & Koskela, L. (2016). The effects of BIM and lean construction on design management practices. *Procedia engineering*, 164, pp.567-574.
- Tekla Corporation. (2022). *Basic concepts* [online], [cited 30 Janeiro 2022]. Available from Internet: <https://www.tekla.com/resources/blogs/what-is-bim>
- Tezel, A., Taggart, M., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Hanahoe, J., & Kelly, M. (2020). Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction:

- a systematic literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(2), pp.186-201.
- Ugwu, O. & Kumaraswamy, M., 2007. Critical success factors for construction ICT projects- some empirical evidence and lessons for emerging economies. *ITCON*, 12, pp. 231-249.
- Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers. *In 10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*. Emerald Publishing Limited.
- Vilaron. (2021). *Governo Federal vai exigir uso do BIM a partir de 2021*. Recuperado em 31 dezembro de 2018 de <http://www.vilaron.com.br/governo-federal-vai-exigir-uso-do-bim-a-partir-de-2021>
- Walton, M. (1986). *The Deming Management Method*, New York, NY, Putnam Publishing.
- Womack, J. P., & Jones, D.T. (1996). *Lean thinking*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.
- Wong, A. K., Wong, F. K., & Nadeem, A. (2010). *Attributes of building information modelling implementations in various countries*. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(4), pp.288-302.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Penso Editora.
- Yin, Robert K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. (5a ed.). Bookman.
- Young, N. W.; Jones, S. A.; Bernstein, H. M. (2008). *Transforming design and construction to achieve greater industry productivity: SmartMarket report on building information modeling (BIM)*. Mc-Graw-Hill.
- Zhou, Y., Yang, Y., & Yang, J. B. (2019). *Barriers to BIM implementation strategies in China*. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

ANEXO A – Tabela utilizada como *survey*: Barreiras de implementação LC

	#	Barreira LC
Barreiras relacionadas com o ambiente interno	1	Má compreensão das necessidades do cliente e falta de foco no cliente.
	2	Resistência da administração à mudança.
	3	Falta de apoio e compromisso da alta administração.
	4	Falta de envolvimento e transparência entre as partes interessadas.
	5	Falta de entendimento/conscientização adequada ao conceito <i>Lean</i> .
	6	Os resultados não são rápidos e, muitas vezes, apenas parcialmente visíveis, podendo não estar em conformidade com as expectativas da administração.
	7	A implementação do <i>Lean</i> pode levar a um custo adicional inicial/custo de implementação.
	8	Projetos imprecisos e incompletos e falta de aplicação de conceitos <i>Lean</i> na fase de desenvolvimento de projetos – <i>Design</i> .
	9	Relutância dos participantes do projeto em compartilhar riscos.
	10	Falta de uma filosofia de longo prazo e planejamento.
	11	Falta de planejamento para a qualidade.
	12	Liderança possui habilidades insuficientes de gestão.
	13	Falta de incentivos, motivação e salários deficientes da mão de obra.
	14	Administração inadequada do necessário para gerar um ciclo de aprendizagem e tomar medidas corretivas.
	15	Hierarquias nas estruturas organizacionais/estrutura organizacional inadequada.
	16	Centralização da decisão, evitando tomar decisões e assumir responsabilidades daqueles que não estão no topo da administração.
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Trabalho	17	Resistência dos funcionários às mudanças e ao medo de práticas desconhecidas.
	18	Mão de obra não qualificada e baixo nível de educação do "mestre de obras"/"Encarregados".
	19	Treinamento insuficiente para os trabalhadores.
	20	Funcionários consideram <i>Lean</i> complexo.
	21	Alto nível de <i>turnover</i> .
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Materiais	22	Desempenho inadequado de entrega e atrasos na entrega de materiais.
	23	Ausência de relacionamento de longo prazo com fornecedores.
	24	Uso limitado de conceitos "off-site"/ pré-fabricação nos projetos.
Barreiras exógenas	25	Natureza fragmentada da indústria da construção. Nos projetos existe um alto volume de subempreiteiros e fornecedores.
	26	Falta de uma gestão integrada de compras favorecendo colaboração desde a fase de projeto – <i>Design</i> .
	27	Alto volume de exigências/normas/burocracias e aprovações necessárias durante a fase de contratação de um projeto.
	28	Falta de apoio do governo.

Adaptado de *Barriers to adopting Lean construction in the construction industry: a literature review*, de Albalkhy W., Sweis, R., 2020.

ANEXO B – Tabela utilizada como *survey*: Barreiras de implementação BIM

#	Barreiras BIM
0	Aceitação/ Abertura/ Solicitação do cliente para o uso de projetos BIM.
1	Estrutura organizacional para apoiar o sistema BIM dentro da empresa.
2	Apoio financeiro do governo para a adoção do BIM nas empresas.
3	Definição de normas BIM para o setor.
4	Programas de treinamento BIM.
5	Protocolos de compartilhamento de informações.
6	Equipe competente de suporte técnico dentro da empresa.
7	Equipe profissional de projeto BIM dentro da empresa.
8	Suporte da alta administração.
9	Disposição do pessoal para aprender novas tecnologias.
10	Investimento/atualização contínua para o sistema BIM dentro da empresa.

Adaptado de *Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong*, de Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., Ho, A.A., 2019.

APÊNDICE A – Estrutura do Roteiro para Entrevista Semiestruturada

Tópico	#	Pergunta realizada
Introdução	0	Explicar objetivo da pesquisa e por que o indivíduo está sendo entrevistado
Implementação do LC	1	Por que foi implementado o LC na sua empresa?
Benefícios evidenciados LC	2	Como a implementação do LC trouxe benefícios para a organização? Quais?
Barreiras que dificultaram a implementação do LC	3	Ao longo da jornada de implementação do LC na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?
Soluções para a redução das barreiras evidenciadas LC	4	Quais foram as medidas, ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?
Implementação do BIM	5	Por que foi implementado o BIM na sua empresa?
Benefícios evidenciados BIM	6	Como a implementação do BIM trouxe benefícios para a organização? Quais?
Barreiras que dificultaram a implementação do BIM	7	Ao longo da jornada de implementação do BIM na organização, houve barreiras/ desafios na implementação? Quais?
Soluções para a redução das barreiras evidenciadas BIM	8	Quais foram as medidas ou soluções encontradas para minimizar as barreiras de implementação enfrentadas?
BIM e LC	9	Qual dos 2 conceitos LC e BIM foi implementando primeiro? Você enxerga sinergia entre os dois conceitos? Em caso afirmativo, quais?