



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção,
Administração e Economia



Avaliação do uso de práticas e ferramentas relativas à Construção
Enxuta nas construtoras da região de Lagoa da Prata

Paula Cristine Leal Oliveira

Ouro Preto - MG

Fevereiro/2022

Paula Cristine Leal Oliveira

Avaliação do uso de práticas e ferramentas relativas à Construção Enxuta nas construtoras da região de Lagoa da Prata

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karine Araújo Ferreira

Ouro Preto - MG

Fevereiro/2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48a Oliveira, Paula Cristine Leal.
Avaliação do uso de práticas e ferramentas relativas à Construção
Enxuta nas construtoras da região de Lagoa da Prata. [manuscrito] /
Paula Cristine Leal Oliveira. - 2022.
89 f.

Orientadora: Profa. Dra. Karine Araújo Ferreira.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Construção enxuta. 2. Construção civil. 3. Produção enxuta. I.
Ferreira, Karine Araújo. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Paula Cristine Leal Oliveira

Avaliação do uso de práticas e ferramentas relativas à construção enxuta nas construtoras da região de Lagoa da Prata

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 24 de março de 2022.

Membros da banca

Profa. Dra. Karine Araujo Ferreira - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. MSc. Thamara Paula dos Santos Dias - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. MSc. Cristiano Luís Turbino de França e Silva - Universidade Federal de Ouro Preto

Profa. Dra. Karine Araujo Ferreira, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 24/05/2022



Documento assinado eletronicamente por **Karine Araujo Ferreira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/05/2022, às 12:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0330997** e o código CRC **300681DA**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre me acompanha.

À minha família, com todas suas qualidades e imperfeições, que me apoiou nesta empreitada.

Aos meus amigos, principalmente àqueles que Ouro Preto e a Produção me proporcionaram. Esses amigos foram casa, família e apoio sempre que precisei.

À Marana por me auxiliar a entender e aceitar os desafios que a minha cabeça propõe.

Aos colegas da Produção, pelo auxílio e troca de conhecimento.

Ao 12 Bis, que me ensinou muito mais que aprendi, aos colegas que conheci no projeto.

Ao NITE pelo tempo passado e o conhecimento adquirido.

Um agradecimento especial ao meu trabalho, a Arcosverde, que cedeu algumas horas para que eu realizasse as atividades de pesquisa e às empresas que se dispuseram a participar delas.

À Universidade Federal de Ouro Preto e ao DEPRO - UFOP, por me recepcionar e proporcionar a estrutura e o conhecimento necessário para concretizar este trabalho. Especialmente ao Prof. Magno e à Prof^a. Karine, que me auxiliou e me ofereceu oportunidades mais de uma vez para concluir esta etapa.

E, como de praxe, para você Matheus, onde estiver.

RESUMO

Nos últimos anos, a construção civil foi objeto de pressões internas e externas (crise financeira, escassez de obras públicas, aumento da concorrência e da importância da qualidade requerida pelo cliente) que fizeram com que as empresas do setor, embora tardiamente, buscassem soluções inovadoras por meio da adoção de novas práticas de gestão da produção e, dentre estas alternativas, destaca-se *Lean Construction* (Construção Enxuta), derivado da *Lean Production* (Produção Enxuta), caracterizado pelo objetivo de eliminar desperdícios. Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo identificar o atual estado da aplicação das práticas e ferramentas da Construção Enxuta nas atividades das construtoras da região de Lagoa da Prata, e assim, analisar os métodos de gestão da produção adotados pelas mesmas. Para tanto, foi realizado um estudo comparativo de estudos de caso realizados em nove construtoras da região, por meio de entrevistas e visitas técnicas. Dentre os resultados encontrados, destaca-se que o setor na região se caracteriza por profissionais juniores e construtoras de micro e pequeno porte, em sua maioria, especializados em edificações residenciais. Adicionalmente, foi possível verificar que os processos de planejamento e controle praticados pelas empresas analisadas apresentam falhas, sem método de gestão estruturado. O uso de práticas e ferramentas da LC ainda é incipiente e muitas vezes realizada de maneira intuitiva e isolada, sem conhecimento aprofundado e com considerável informalização. Entre as práticas pesquisadas, as mais citadas são as Reuniões Diárias e o Trabalho Padronizado, devido a facilidade de aplicação das mesmas. Há um grande potencial para mudanças, visto que todas as empresas aplicam pelo menos uma prática e praticamente todos os entrevistados têm conhecimento da existência da filosofia *Lean Construction*, demonstrando interesse em buscar novas tecnologias e metodologias para melhorar sua produtividade, além do reconhecimento dos benefícios de sua aplicação. A principal barreira apresentada para adoção/implantação das práticas da *Lean Construction* foi a falta de conhecimento e capacitação de colaboradores e gestores.

Palavras-chaves: Construção enxuta. Construção civil. Produção enxuta.

ABSTRACT

In recent years, the construction industry sectors have suffered from internal and external pressures, such as global financial crises, shortages of building and construction, increased competition, and also the high-quality control from the customers. In this way, companies in the sector, although belatedly, sought innovative solutions through the adoption of new production management practices and, among these alternatives, Lean Construction stands out, derived from Lean Production, characterized by the objective of eliminating waste. In this sense, this research aimed to identify the current state of application of Lean Construction practices and tools in the sector's activities, and thus, analyze the production management methods adopted by them. A comparative study of multiple cases was carried out with nine construction companies, through interviews and study visits. Out of the results, we highlight that the sector in the region is characterized by recently hired professionals, and the micro and small enterprises are a majority in the region, and most of these companies are specialized in residential buildings. Additionally, it was possible to verify that the planning and control processes practiced by the analyzed companies have flaws, without a structured management method. The use of Lean Construction practices and tools is still basic and often carried out in an intuitive and isolated way, without extensive knowledge and with considerable informalization. Among the practices surveyed, the most cited are Daily Meetings and Standardized Work, due to their easy application. There is great potential for change, as all companies apply at least one practice and practically all respondents are aware of the existence of Lean Construction, showing interest in seeking new technologies and methodologies to improve their productivity, in addition to recognizing the benefits of its application. The main barrier for the adoption and implementation of Lean Construction practices was the lack of knowledge and training of employees and managers.

Key-words: Lean construction. Construction. Lean production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama Tempo-Caminho, Método da Linha de Balanço	9
Figura 2 - O sistema Last Planner.....	13
Figura 3 - Casa Toyota.....	17
Figura 4 - Princípios do Pensamento Enxuto	19
Figura 5 - Análise total dos desperdícios: muda, mura, muri; a) Muri (sobrecarga), b) Mura (flutuação), c) Muda (desperdício), d) Estado Ideal.	21
Figura 6- Modelo de conversão tradicional	23
Figura 7 - Modelo de fluxo de Conversão	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistemas de Planejamento.....	11
Quadro 2 - Ferramentas e Técnicas mais citadas.....	33
Quadro 3 - Caracterização dos entrevistados e construtoras.....	40
Quadro 4 - Quadro Resumo Informações sobre Gestão da Construção e Tecnologias Utilizadas.....	49
Quadro 5 - Quadro resumo sobre a aplicação de práticas e ferramentas nas empresas pesquisadas	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Nível de conhecimento e utilização das ferramentas e práticas da construção enxuta nas construtoras de Lagoa da Prata	51
Gráfico 2 -Uso (de forma isolada ou completa) das técnicas de Construção Enxuta.	52
Gráfico 3 -Quantidade de ferramentas utilizadas por empresa	53
Gráfico 4 -Fatores que levaram à adoção das ferramentas e práticas de produção enxuta	56

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	III
LISTA DE QUADROS	I
LISTA DE GRÁFICOS.....	II
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivos Específicos	4
1.3 Justificativa	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Gestão da Construção	7
2.2 Sistema Toyota de Produção	14
2.3 Produção Enxuta	17
2.4 Construção Enxuta	22
2.4.1 Princípios da Construção Enxuta.....	25
2.4.2 Ferramentas da Construção Enxuta	30
3 MÉTODO CIENTÍFICO.....	35
3.1 Abordagem de Pesquisa	35
3.2 Método de Pesquisa.....	35
3.3 Unidades de Análise.....	36
3.4 Instrumentos e Materiais	37
3.5 Forma de Análise dos Resultados	38
4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	39
4.1 Caracterização dos Entrevistados e das Unidades de Análise.....	39
4.2 Gestão da Construção nas Construtoras Investigadas.....	42
4.3 Adoção da construção enxuta nas construtoras investigadas	50
5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

5.2.	Discussão dos resultados.....	58
5.3.	Limitações e Sugestões Futuras	63
	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICE	72
	APÊNDICE A – Questionário de Entrevista	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O setor da construção civil comumente é considerado um setor da indústria peculiar devido a algumas características intrínsecas ao segmento, como caráter itinerante e processos pouco industrializados. Segundo Kudsk *et al.* (2013), as edificações são grandes e complexas estruturas produzidas em muito menor volume do que uma indústria manufatureira costuma produzir. Esse atributo faz com que se tenha mais dificuldade em se definir padrões, avaliar recursos e implementar melhorias.

Com a globalização, as empresas seriadas inicialmente sofreram com o aumento da competitividade. No primeiro momento, essa competitividade não alcançou a indústria da construção civil, o que fez com que ela não buscasse estratégias de racionalização da produção que analisassem estoques, desperdícios, movimentação, dentre outros. De acordo com Vieira (2006), as construtoras brasileiras sempre se preocuparam muito com aspectos técnicos, como os projetos arquitetônicos e estruturais, não dando atenção para questões produtivas, como tecnologia, qualificação, treinamento e produtividade. Isso explica o elevado número de retrabalho nos canteiros, de tempo ocioso, atraso nas entregas, dentre outras características negativas relacionadas ao setor. De acordo com Lorenzon e Martins (2006), isso se deve, principalmente, porque até a década de 1980, havia um elevado número de obras públicas com poucas exigências quanto à qualidade e os clientes eram pouco acostumados e mesmo despreparados para exigirem os seus direitos de consumidores.

Porém, a partir dos anos 1990, este quadro se alterou quando a construção civil sofreu mudanças substanciais, provocadas principalmente pelo crescente grau de competição existente entre as empresas. O crescente nível de exigência dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, entre outros fatores, têm estimulado as empresas do setor a buscarem técnicas de gerenciamento e de produção já há algum tempo utilizadas por setores industriais (automobilísticos,

por exemplo), com o objetivo de otimizar seus processos e produzir produtos cada vez melhores e mais baratos (KOTLER, 2000).

Dentre as várias alternativas que surgiram ao longo dos anos 1990 como modelo para a gestão de produção na construção civil, destaca-se a *Lean Construction* (Construção Enxuta), que têm origem no sistema Toyota de Produção e Produção Enxuta (*Lean Production*). O conceito de Produção Enxuta foi baseado no Sistema Toyota de Produção, forma de organização da produção desenvolvida no Japão em meados da década 1950, e ficou conhecida mundialmente pela publicação de "A máquina que mudou o mundo" (WOMACK; JONES; ROSS, 1990). Resumidamente, *lean* tem como objetivo produzir mais valor para o cliente com menos desperdícios agregados. Koskela (1992) foi o pioneiro a adaptar a ideia para o mundo da construção, identificando uma série de princípios que mitigariam problemas tradicionais do setor ao mesmo tempo em que melhorariam a performance produtiva. O relatório intitulado "*Application of the new production philosophy to construction*", publicado por este autor no ano de 1992, é considerado o precursor da Construção Enxuta. Neste trabalho, Koskela adaptou os princípios do Sistema Toyota de Produção para a Construção Civil. O objetivo do trabalho era beneficiar o setor da construção civil com um sistema de gestão de qualidade de sucesso como foi o Sistema Toyota de Produção para as linhas de produção da Toyota Motor Company. Essa pesquisa torna-se então o marco de referência para estender os conceitos do sistema japonês à construção civil.

O desafio da Construção Enxuta é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo assim os custos e gerando maior lucro. Encontra-se na Construção Civil, muitas atividades entendidas como não geradoras de valor. Tais perdas estão escondidas em movimentos e transportes desnecessários, retrabalhos, entre outros. Sua origem ocorre desde os projetos mal concebidos, desenvolvimento do planejamento executivo coordenado através de princípios obsoletos, predominância da individualidade de ações no canteiro, sendo essa manifestada por grupos ou pessoas, não havendo a ideia de conjunto (CASTRO; GUEDES; TROMBINI, 2019).

Em momentos de crise, tal qual a crise sanitária de corrida da pandemia, a adoção de práticas de Construção Enxuta é apontada como medida de combate e

prevenção nas obras, por questões de economia e produtividade, além dos aspectos de segurança do trabalho e redução de riscos nas obras (SEBRAE, 2020). Em Silva *et al.* (2020), após um levantamento do possível cenário do setor no pós-pandemia, em que apontam como principais desafios a redução de demanda, redução na produção e redução na mão de obra, os autores ressaltam o poder da Construção Enxuta como ferramenta para aumentar a competitividade das construtoras com melhoria nos processos, redução de perdas e eliminação de atividades que não agregam valor, tornando o processo mais enxuto e mais fácil para programar as reduções na produção ou até mesmo em uma nova paralisação devido a quarentena causada pela disseminação da Covid-19.

Desde o trabalho pioneiro de Koskela (1992), diversos pesquisadores do Brasil (FORMOSO *et al.*, 1999; BERNARDES, 2003; FELIPE *et al.*, 2017; CAMARGO FILHO, 2017; BORGES, 2018) e de outros países (BALLARD e HOWELL, 1996; BALLARD, 2000; TOMMELEIN e BALLARD, 1997; KOSKELA, 2000; DAVE *et al.*, 2016) têm buscado interpretar os conceitos para o ambiente da construção civil, bem como realizar aplicações práticas. Adicionalmente, estes e outros autores da área têm dedicado muitos de seus trabalhos ao desenvolvimento de um referencial teórico que contribua para a formulação de modelos de planejamento e controle do processo construtivo e introdução dos princípios da Construção Enxuta nos canteiros de obra.

Porém, apesar de haverem diversas publicações que discutem aplicações dos princípios enxutos no setor da construção civil, o conhecimento e aplicação prática do conceito é ainda baixo nas empresas brasileiras. Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria - CNI (2019), buscou conhecer o emprego atual das ferramentas, técnicas e métodos do sistema de produção enxuta em 443 empresas do setor da construção civil (sendo 144 de pequeno, 206 de médio e 93 de grande porte), no período de 2 a 12 de abril de 2018. Dentre os resultados obtidos, foi possível destacar que a aplicação das ferramentas e técnicas de produção enxuta pode aumentar. Mais da metade das empresas pesquisadas não utiliza nenhuma ou utiliza de 1 a 3 técnicas das 15 pesquisadas (de forma isolada ou completa). As empresas que utilizam 10 ou mais técnicas são apenas 12%. Além da baixa aplicação entre as empresas da construção, as técnicas são usadas principalmente de forma

isolada (ou seja, em partes da empresa ou em partes do processo produtivo da obra). Adicionalmente, a pesquisa mostrou que em 2018, verifica-se que apenas duas das 15 técnicas são aplicadas por mais da metade das empresas que atuam na indústria da construção brasileira: o Trabalho Padronizado (68% das empresas) e o Programa 5S (60% das empresas). Todas as demais técnicas pesquisadas estão em uso em menos de 40% das empresas (CNI, 2019).

Neste sentido, buscou-se nesta pesquisa investigar quais ferramentas e práticas são adotadas nas construtoras da cidade de Lagoa da Prata, com ênfase na filosofia *Lean Construction*, conforme detalhado nos objetivos a seguir.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é investigar o atual estado da aplicação das práticas e ferramentas da Construção Enxuta nas atividades das construtoras da região de Lagoa da Prata e assim, analisar os métodos de gestão da produção adotados pelas mesmas.

1.2.1. Objetivos Específicos

Para atingi-lo, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- identificar e analisar como é praticada a gestão da construção em construtoras da região da Lagoa da Prata;
- Verificar se estas construtoras conhecem os princípios e práticas da construção enxuta, se os aplicam ou tem pretensão de adoção e avaliar os resultados da adoção destas práticas;
- Apresentar os resultados da pesquisa e estudo de campo, identificando oportunidades da aplicação da Construção Enxuta nas empresas investigadas, as principais dificuldades enfrentadas por estas, bem como apoiar a divulgação do tema na região pesquisada.

1.3 Justificativa

Esta pesquisa justifica-se pela atualidade e relevância do tema, uma vez que a maioria das empresas do setor da construção civil são suscetíveis a desperdícios, de material ou mão de obra, bem como gastos e atrasos, gerando ineficiência do projeto. Nesse sentido, a adoção da Construção Enxuta nesses projetos visa eliminar ou reduzir consideravelmente todos esses percalços.

Adicionalmente, o cenário de crise enfrentado pelo país, motivado pela crise econômica e sanitária, e particularmente o estado de Minas Gerais, por sua dependência excessiva do setor de mineração, exige medidas para o desenvolvimento de outros setores e atividades produtivas no estado. Como constatado nas literaturas de Bastos e Chaves (2012) e Moretti (2015), os cenários de crise mostram-se propícios para que as empresas busquem a redução das deficiências na gestão dos processos e na adoção dos recursos humanos, objetivando o aumento da capacidade competitiva, além de um aumento da produtividade, tendo a implantação da filosofia *Lean* como estratégia para superar momentos de instabilidade econômica.

De ótica econômica, o CBIC (2020) ressalta que apesar da queda recorde do PIB brasileiro (o pior resultado desde 1996, quando se iniciou a série histórica) durante o pior momento da pandemia até então, a retração da construção no mesmo período, na comparação com o trimestre imediatamente anterior (-5,7%), foi menos intensa do que o observado no conjunto da economia (-9,7%), o que para a instituição demonstra o esforço do setor em manter as suas atividades, apesar das dificuldades impostas pelo cenário de pandemia. Em um contexto pandêmico, de crise, as empresas do ramo sofreram com a falta e o alto custo de insumos e matérias-primas, afetando principalmente as pequenas empresas do setor (CNI, 2021), porém viu-se que a adoção de novas práticas como medida de enfrentamento aos efeitos da pandemia, práticas que incluem a Construção Enxuta, como é recomendado pelo SEBRAE (2020), podem trazer melhoria e racionalização nos processos para evitar desperdícios, melhoria na gestão dos projetos, entre outras vantagens.

As melhorias são de suma importância, pois de acordo com Aziz e Hafez (2013), vários estudos de diferentes países confirmaram que o desperdício/atividades

sem valor agregado na indústria da construção representam uma porcentagem relativamente grande do custo de produção. Como exemplo, os autores citam que o custo do retrabalho em projetos de construção tem sido relatado como sendo de até 35% do custo total do projeto. Esse fator permite concluir que inovações na forma de gestão podem contribuir significativamente no setor da construção civil.

Particularmente, o estudo do setor da construção civil se justifica porque de acordo com o Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2020), além da participação na economia, é interessante avaliar a quantidade de empregos gerados pelo setor. No século 21, houve um crescimento de pessoas ocupadas no país em serviços e um caimento da ocupação com agropecuária. A indústria foi a área que sofreu menos variação, incluindo a construção civil que abrange quase 40% das pessoas ocupadas na indústria. Assim, o setor acaba por desempenhar uma função social, pois cria oportunidades de trabalho para uma faixa da população com baixa escolaridade e pouca qualificação profissional (SEBRAE, 2016). Além da importância econômica e social, Halpin e Woodhead (2004) destacam que o setor tem também uma interferência muito forte na natureza.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, é apresentada a revisão da literatura elaborada neste trabalho, que se inicia com uma abordagem sobre a Gestão da Construção. A seguir, são abordados em tópicos subsequentes, o Sistema Toyota de Produção e a filosofia da Produção Enxuta, descrevendo seus principais fundamentos, técnicas e principais autores. A revisão segue então com a descrição do conceito da Construção Enxuta e suas principais ferramentas e práticas.

2.1 Gestão da Construção

A Planificação e a gestão voltadas para a construção civil tem sido desde algum tempo, objeto de estudos por pesquisadores e empresas, em busca de otimização de processos e redução de custos, motivados pelas mudanças substanciais dos últimos anos e pelo crescente grau de competitividade no setor, que sempre possuiu uma lacuna considerável em novas tecnologias e aprimoramento (BORGES, 2013).

Como visto em Lima *et al.* (2021), a maioria das empresas construtoras no país não possui planejamento de suas obras ou, quando possuem, apresentam negligência e inadequações relevantes. Pode-se encontrar no mercado (formado principalmente por pequenas e microempresas), empresas que planejam, porém muitas vezes, o fazem de forma equivocada, com poucos resultados; empresas que planejam bem, mas não executam controle das atividades; e empresas que não planejam e não controlam, realizando suas atividades de forma totalmente improvisada, se valendo, na maioria das vezes, do conhecimento tácito dos colaboradores. Muitas vezes, a realidade do planejamento das empresas construtoras se resume à elaboração do orçamento e dos cronogramas físico e físico-financeiro, enquanto que o controle de custos está fundamentado na identificação de variações negativas entre os custos orçados e os custos reais, como é exemplificado no estudo de caso de (ARAÚJO; AVELINO; ARAUJO, 2018).

Assim, há no setor da construção uma lacuna por inovação e métodos de gestão, que motivou vários estudos que procuram adaptar com precisão o planejamento à realidade deste setor. Como exemplos recentes, vê-se em Da Silva *et*

al. (2020), um estudo sobre a adoção do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat como programa de gestão de qualidade por empresas de construção no Ceará, e também o trabalho de Lopes *et al.* (2020), em que é realizado uma análise do *Business Intelligence* para apoio à gestão na construção civil e seus potenciais benefícios obtidos com a implantação de tecnologias que possam melhorar o desempenho dos processos de gestão dessas empresas. Cita-se também o trabalho de Fiuza e Ferreira (2021), que apresenta e discutem métodos de gestão da construção adotados por empresas de construção civil de uma cidade do interior de Minas Gerais.

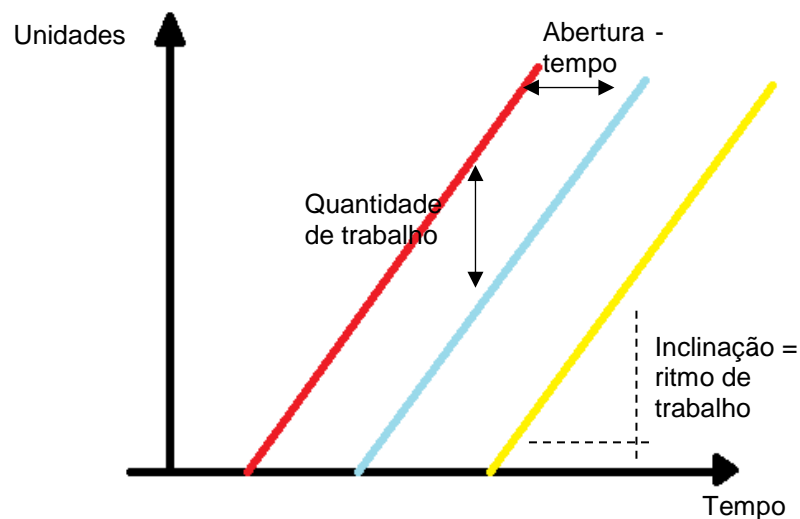
A responsabilidade das empresas para desenvolver o controle e o planejamento dentro da construção civil é principalmente a responsabilidade em tentar igualar as tomadas de decisões, ao longo do período de execução da obra, através de estudos, diagnósticos e também através da identificação de desvios ocorridos em relação ao próprio planejamento. Ressalta-se que as grandes alterações deverão ser feitas no início do planejamento e no momento da concepção do produto, uma vez que em caso de algum descuido conclusivo por parte do gestor, poderá ocasionar um aumento de custos que, automaticamente, ocasionará em um dimensionamento errôneo dos recursos necessários para a execução da construção (BORGES, 2013). A deficiência do planejamento pode resultar em consequências desastrosas, tanto para a própria obra quanto para a empresa construtora responsável pela execução da obra.

Entre ferramentas utilizadas no planejamento físico de obras para controle de prazos, citadas por De Filippi (2017), cita-se o Gráfico de Gantt, que possibilita de forma simples e funcional, a visualização das datas de início e de término de cada atividade, gerando as barras que demonstram graficamente a duração das mesmas. A grande vantagem, além da simplicidade, é a facilidade de comunicação entre os envolvidos no projeto. Outras ferramentas são os diagramas de rede, que permitem a visualização da sequência lógica entre atividades ou redes, geralmente representadas por redes ou flechas; o Método CPM/PERT; os Diagramas de Tempo-Caminho; e o Método do Buffer e Corrente Crítica.

O Método do CPM/PERT consiste em grafos miscigenados que derivam da Teoria dos Grafos, onde as atividades são representadas por setas. O método é uma junção do método CPM, que permite otimizar a sequência de atividades de maneira que se garanta o cumprimento do projeto dentro do tempo esperado, assumindo que o tempo estimado é determinístico; e o tempo das atividades é proporcional aos recursos alocados para eles; e do PERT, que incorpora a existência de incertezas no tempo das atividades (NARITA *et al.*, 2021).

Os diagramas de Tempo-Caminho são um método visual de acompanhamento da execução de uma atividade, representada por uma linha em um plano cartesiano, onde o ritmo de execução é indicado pela inclinação da linha, como pode ser observado na Figura 1. Estes diagramas se baseiam na técnica de Linha de Balanço (LOB) e os seus maiores benefícios são proporcionar informações de produção e duração para cada processo repetitivo num formato gráfico que é facilmente interpretado e facilitar a programação da continuidade de trabalho das equipes ao longo das repetições nas unidades (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Figura 1 - Diagrama Tempo-Caminho, Método da Linha de Balanço



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA *et al.* (2020)

O Método do Buffer e Corrente Crítica deriva da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints – TOC*, em inglês), criada na década de 80 por Goldratt. A TOC é um método voltado para a mudança da gestão com um foco consistente sobre as causas

de raiz dos problemas identificados. A vantagem da teoria está no fato de se focar nas restrições, ou seja, buscar um reforço para os elos fracos na produtividade, na entrega e demais funções, a fim de aumentar o lucro e ter um melhor fluxo de trabalho (SANTOS; PEREIRA; SANTOS, 2021). Os *buffers* são reservas ao longo do caminho do cronograma para levar em consideração as incertezas do projeto, e o caminho crítico restrito por recursos é conhecido por corrente crítica.

Ainda, na gestão de obras, é comum a utilização do Software MS Project, amplamente conhecido que traz em sua configuração padrão todos os conceitos do Método CPM/PERT (Caminho Crítico), possibilitando ao usuário propor uma sequência lógica de execução das atividades, avaliar os melhores cenários, identificar folgas e a dependência entre as atividades (FIUZA; FERREIRA, 2021). O software também possibilita ao usuário uma visualização da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), definida como o escopo básico do empreendimento, a estruturação resumida de uma forma hierárquica dos pacotes de trabalho, daquilo que só deve ser entregue até o final do projeto, para atender aos objetivos estabelecidos (DE FILIPPI, 2017).

De acordo com Magalhães, Mello, Bandeira (2018), o planejamento deve definir quatro quesitos: o que fazer (atividades), como realizar (método), quem irá executar (recursos) e quando executar (cronograma). Tais processos envolvem diferentes etapas e níveis gerenciais e diversas são as classificações dos planejamentos, que também possuem sua hierarquia. Na hierarquia vertical do planejamento e da estrutura das decisões, os sistemas são estruturados em estratégicos, táticos e operacionais, a partir do correto entendimento das relações de conflito e instabilidade que ocorrem no ambiente do projeto ou necessidade de cada nível gerencial. O nível mais abrangente é chamado de planejamento de longo prazo e o nível mais detalhado (mais restrito), chamado de curto prazo (DE FILIPPI, 2017).

Os processos de planejamento são responsáveis por coletar informações e sua essência é o estabelecimento de diretrizes para a ação acompanhado do monitoramento dos resultados. De Filippi (2017) estabelece cinco sistemas de planejamento, listados no Quadro 1.

Quadro 1 - Sistemas de Planejamento.

Sistemas de planejamento	
Sistema Tradicional	Interligação entre atividades estanques, onde as programações serão executadas exatamente da forma como foram previstas. Variações são Inconsistências na execução da programação.
<i>Location-Based Management System</i>	Utiliza o método LOB (<i>Line of Balance</i>). Inclui aspectos importantes como o fluxo de trabalho contínuo e as restrições de locais e detalha premissas de planejamento para estimar as durações das atividades.
<i>Sistema Last Planner</i>	Desenvolvido por Ballard e Howell, engloba ferramentas, técnicas de controle e formas de planejamento que objetivam melhores condições de controle sobre o empreendimento. Se divide em controle da unidade de produção e controle do fluxo de trabalho.
<i>Lean Construction</i>	Filosofia de abordagem do processo produtivo envolve o chamado pensamento “ enxuto”, sem desperdícios.
Modelos Integrados	Modelos que mesclam características dos sistemas anteriores

Fonte: Adaptado de De Filippi (2017).

O primeiro sistema de planejamento apresentado no Quadro 1 (sistema tradicional de construção), consiste na visão tradicional do processo de produção segundo Koskela (1992), e é basicamente definida como atividades de conversão de matéria-prima em produto. Para De Filippi (2017), a base do processo de planejamento é a interligação entre atividades relativamente estagnadas, onde as programações serão executadas exatamente da forma como foram previstas, as variações são tratadas pela gerência como inconsistências na execução da programação, utilizando mais recursos. A principal dificuldade encontrada seria a falta de padronização e de critérios para obtenção dos indicadores. Magalhães, Mello e

Bandeira (2018) destacam também a predominância de produção empurrada neste sistema, sendo baseado no método do caminho crítico (CPM) e na técnica de avaliação e revisão de programa (PERT).

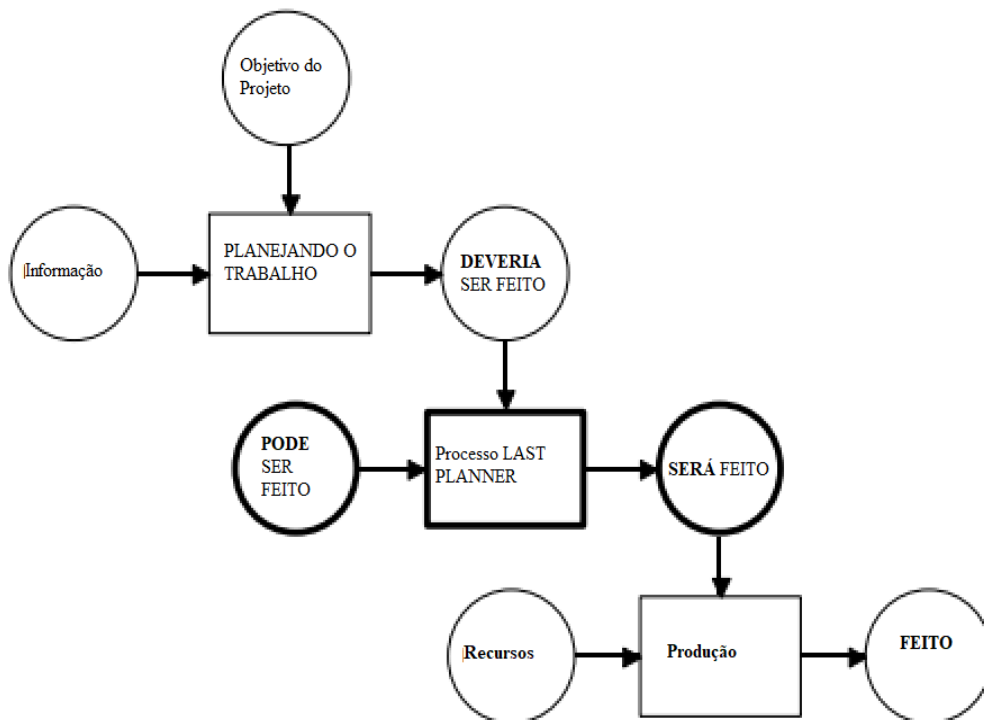
O sistema *Located-Based Management System*, por sua vez, consiste em uma técnica de planejamento e controle da produção que utiliza o método da Linha de Balanço, já mencionada antes, mas de maneira mais ampla. É uma técnica indicada para atividades repetitivas pois possui o objetivo de analisar as etapas que reincidirão no decorrer do processo, ou seja, atividades comuns no setor da construção civil, como construção de alvenarias e pavimentação, equalizando o tempo delas, proporcionando um fluxo contínuo e um ritmo a produção, distribuindo de maneira equilibrada os recursos (RAMOS, 2018). A LOB considera que o cálculo de quantas unidades de um determinado produto deve ser concluído em um intervalo de tempo para alcançar a entrega programada e assim que esta taxa é estabelecida, é esperado que as entregas não sejam inferiores a essa taxa alvo de entrega (NASCIMENTO, 2020).

A expressão *Last Planner* (último planejador, em inglês) refere-se à cadeia hierárquica de planejamento (longo, médio e curto prazos), na qual o último plano atua na interface de execução. Assim, esse método concentra-se no planejamento detalhado apenas antes da execução, em vez de em todo o processo de planejamento (KOSKELA; HOWELL, 2002). Moura (2008) afirma que o LPS é responsável pela introdução de algumas técnicas de produção puxada tanto no nível de médio quanto de curto prazo, embora raramente seja observada a aplicação completa do *Just In Time*. Alguns autores consideram o LPS uma ferramenta parte do sistema *Lean Construction*, conforme será discutido em seções posteriores deste trabalho. O planejamento mestre (longo prazo) estabelece os objetivos globais e as restrições que governam o projeto como um todo (BALLARD, 2000). O planejamento *lookahead* parte do detalhamento do planejamento mestre. Nele são definidas as atividades que devem ser executadas em médio prazo. Dá-se então maior ênfase à programação de recursos, com destaque para aqueles que possuem médio prazo de aquisição. O LPS é dividido em dois componentes principais: o controle da unidade de produção e o controle do fluxo de trabalho. A função do primeiro componente é gerar,

progressivamente, melhores planos através da aprendizagem contínua e de ações corretivas. O papel do segundo é gerar, proativamente, o fluxo de trabalho, através das unidades de produção, na melhor sequência e custo possíveis (MAGALHÃES; MELLO; BANDEIRA, 2018).

Como demonstra o processo ilustrado na Figura 2, o *Last Planner* pode ser entendido como um mecanismo para transformar o que DEVE ser feito no que pode ser feito, incorporando a abordagem “puxar”, formando um inventário de trabalho pronto, a partir do qual os Planos de Trabalho Semanais podem ser estipulados, a curto prazo. Incluir atribuições/tarefas no Plano de Trabalho Semanal é um compromisso dos *Last Planners* do que realmente será feito (BALLARD, 2000).

Figura 2 - O sistema Last Planner



Fonte: Adaptado de Ballard (2000).

O *Lean Construction* (Construção Enxuta), sistema que será abordado em profundidade nos próximos capítulos e cujas ferramentas e técnicas são tema deste estudo, é baseado no Sistema Toyota de Produção e surge como alternativa ao

modelo tradicional de gestão de produção na construção, em um cenário de aumento da competitividade e mudanças no setor.

Por fim, os modelos integrados são sistemas que se utilizam das principais premissas e ferramentas de um ou mais dos modelos apresentados. Assim, independente das premissas definidas por cada modelo conceitual, muitas vezes mais filosófico do que prático, os autores buscam atender ao conjunto de necessidades de melhoria dos processos que afetam o dia-a-dia das obras. Há diversas adaptações no mercado, como sistemas que mesclam o *Lean Construction* e o LPS ao sistema tradicional por exemplo, que buscam alcançar melhores resultados incrementando novas ferramentas aos sistemas tradicionais. Estes modelos integrados buscam mais atualizar práticas rotineiras nas empresas do que buscam rupturas muito fortes dos modelos tradicionais existentes, conforme é descrito por De Filippi (2017).

A seguir, é realizada uma introdução ao Sistema Toyota da Produção e à Produção Enxuta, que baseiam as premissas do sistema *Lean Construction*, foco deste trabalho.

2.2 Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção (STP) tem sua origem no Japão pós-Guerra, ainda em processo de reestruturação. De acordo com Womack, Jonas e Roos (2004), Eiji Toyoda, engenheiro da *Toyota Motor Company*, realiza uma visita aos Estados Unidos, para conhecer o processo de Produção da Ford, então uma das três grandes empresas no ramo automobilístico e a referência na Produção em Massa. Ao voltar ao seu país de origem, Toyoda, junto a outro engenheiro da fábrica, Taichii Ohno, percebem que simplesmente copiar a metodologia fordista não funcionaria para a empresa. Para melhorar seu sistema, era necessário que a empresa desenvolvesse sua própria metodologia, que se adaptasse ao contexto onde estava inserida (WOMACK; JONAS; ROOS, 2004).

Além do cenário de pós-guerra, com pouca disponibilidade de recursos, ávido por capitais e trocas comerciais, as diferenças culturais também dificultavam a aplicação do modelo fordista no Japão. Ao contrário dos trabalhadores típicos das

fábricas de Ford (massa formada por vezes por imigrantes e minorias com opções limitadas), os japoneses não estavam dispostos a suportar condições precárias de trabalho ou serem tratados como peças intercambiáveis. A atuação dos sindicatos era forte e garantia até mesmo a participação nos lucros da empresa para os trabalhadores. Além disso, o mercado interno era limitado, demandando uma grande variedade de produtos, e o mercado externo já estava repleto de empresas já consagradas, que possuíam tecnologias melhores e mais eficientes que as disponíveis para a Toyota (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Assim, após a identificação e análise das características do modelo fordista, Ohno inicia junto à empresa, um longo processo de desenvolvimento de um modelo de produção puxada, com baixo custo, com máquinas semi-automatizadas, pequenos lotes (logo mais flexibilidade), com giro rápido e tempos de *setup* curtos, reduzindo estoques e outros desperdícios. Esse sistema ficou conhecido como o Sistema STP (KOSKELA, 1992; WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

O objetivo do STP é aumentar a eficiência da produção através da consistente e completa eliminação de desperdícios, reduzindo os custos na produção. Os pilares do Sistema são o *Just-in-time* e a Automação, ou “Automação com um Toque Humano” (OHNO, 1997).

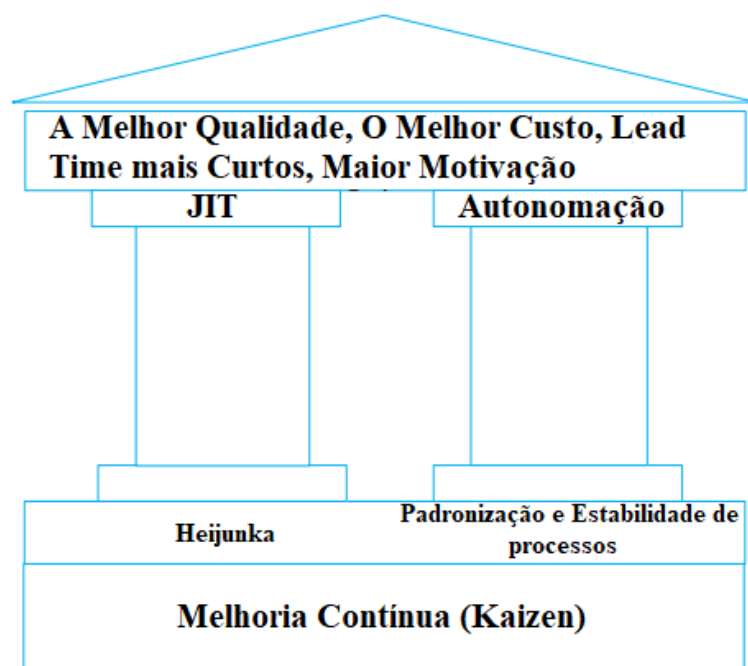
Just-in-time (JIT), dentro da definição clássica de Ohno (1997), é um sistema de operação, onde no fluxo de produção, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. A produção só se inicia se há demanda real. Cada elo na corrente *Just-in-Time* está conectado e sincronizado e para isso, é utilizado um método de comunicação eficiente, simples e direto, entre os setores dentro da fábrica, denominado sistema *Kanban*, que será abordado em detalhes em capítulos posteriores. No contexto do Sistema Toyota de Produção, extrapolando a abordagem tradicional, o JIT é visto mais que apenas um método/ferramenta de planejamento e controle da produção, mas como uma filosofia que permite melhorar a eficiência da linha de produção, visando obter produtos e serviços ao menor custo e o mais rápido possível, como pode-se observar nos trabalhos de Moura, Ruzene e Silva (2017), Li et al. (2017), Salgueiro (2015), Ribeiro (2015), Moreira (2011), Nazareno (2003), entre

outros, muitas vezes, sendo o termo até mesmo utilizado, erroneamente, como um sinônimo do STP ou da Produção Enxuta. Segundo Moreira (2011), o JIT tem como elementos principais a produção puxada, a sincronização de processos, o fluxo contínuo e o *Takt-time* (o tempo necessário para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo da demanda).

Autonomação é a outra base do STP (em japonês, *Jidoka*), é mais que automação, a ideia é dar inteligência à máquina. No STP, as máquinas automatizadas com toque humano são máquinas que podem evitar problemas, estando acopladas a um dispositivo de parada automática (OHNO, 1997). Desta forma, se há alguma situação anormal, a produção pára e evita-se que peças defeituosas sejam produzidas, eliminando a superprodução, reduzindo o desperdício de matérias-primas e retrabalho. Na prática, a autonomação significa que a não qualidade nunca deve ser transmitida para o processo seguinte, visto que este é o cliente (SALGUEIRO, 2015). Essa ideia também altera a gestão de pessoal, já que o trabalhador só precisará se ocupar de uma máquina se esta parar, possibilitando que um operário atenda diversas máquinas, reduzindo o número de trabalhadores e melhorando a eficiência da produção (MOREIRA, 2011).

Uma representação gráfica dos elementos e princípios do STP é uma casa, como pode ser visto na Figura 3, onde o telhado representa os objetivos do sistema, sustentados pelos pilares JIT e autonomação, apoiados no nivelamento da produção (*Heijunka*), na melhoria contínua (*Kaizen*) e na padronização e estabilidade de processos, que juntos, constituem a fundação da casa (MOREIRA, 2011).

Figura 3 - Casa Toyota



Fonte: Adaptado de Moreira (2011).

O STP provocou então, uma mudança nas estruturas da indústria tradicional, promovendo multifuncionalidade, encorajando o trabalho colaborativo, a melhoria contínua e a redução dos desperdícios. O modelo, desenvolvido em um processo de tentativa e erro, rapidamente tomou força no país e após a crise do petróleo em 1973, foi um dos principais pilares da reestruturação japonesa (MOREIRA, 2011).

2.3 Produção Enxuta

A produção enxuta (do inglês, *Lean Production*) é uma filosofia de gestão da produção, baseada na identificação e eliminação de desperdícios, de forma a incrementar o valor do produto para o cliente, simultaneamente com o aumento na produtividade global (GONZÁLEZ *et al.*, 2015).

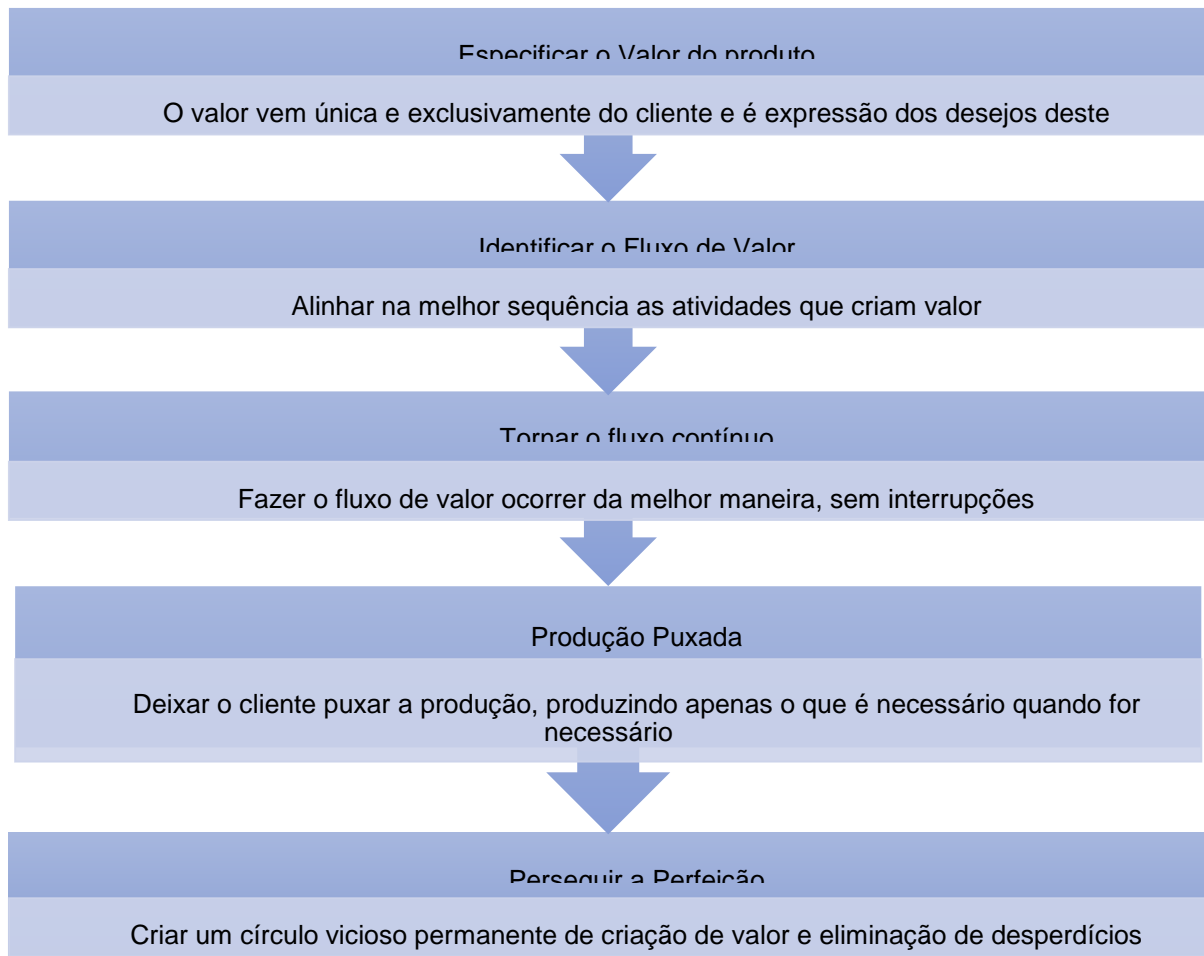
Derivada do Sistema Toyota de Produção (STP), a denominação "*Lean Production*" mais tarde popularizada com o lançamento do livro *A Máquina que Mudou o Mundo* (1992), que define e conceitua este novo modelo de produção, embora

muitos dos princípios e técnicas já fossem aplicadas na indústria ocidental a partir dos anos 80 (KOSKELA, 1992; RAMOS, 2018).

O ponto de partida da filosofia *Lean* é o valor do produto definido pelo cliente o que torna importante uma comunicação direta com o mesmo. O valor de um produto identificado pelo cliente pode estar relacionado com as suas funções, custo ou qualidade (SALGUEIRO, 2015). O foco da Produção Enxuta está em maximizar o valor enquanto minimiza o desperdício. O valor, que tantas vezes é repetido, é medido pela satisfação do cliente, e qualquer quantidade de material, equipamento, peças ou atividades que não se traduz em ganho para o usuário final deve ser eliminada (GONZÁLEZ *et al.*, 2015). Desta maneira, a Produção Enxuta garante um sistema mais responsivo à demanda do consumidor (menos rígido), enquanto mantém a alta qualidade dos produtos na maneira mais eficiente e econômica possível, combinando as vantagens das produções artesanais e em massa, como observa Ribeiro (2015).

O Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*) é uma maneira de se pensar a melhoria e a reorganização de um ambiente produtivo, e refere-se à aplicação dos princípios da produção enxuta. Baseado em Womack, Jones e Roos (2004), são descritos na Figura 4, os cinco princípios do Pensamento Enxuto: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição.

Figura 4 - Princípios do Pensamento Enxuto



Fonte: Womack, Jones e Roos (2004).

A difusão destes princípios é considerada a forma de facilitar a compreensão e aplicação do Pensamento Enxuto, evitando equívocos que ocorrem quando as empresas tentam implementar partes isoladas do sistema de produção enxuta. Ribeiro (2015) ainda enfatiza a importância de se aplicá-los em toda organização, e não somente na produção.

Baseado nestes princípios, tudo que não agrega valor ao sistema é desperdício. Desperdício é todos os componentes do produto e/ou serviços que o cliente não está disposto a pagar. Peças defeituosas, trabalho ineficiente e ineficaz, em uma situação de escassez, o erro é inadmissível. As situações onde há desequilíbrio entre a capacidade e a carga resultam em perdas para a empresa. Para que se reconheça o que é desperdício, ou *Muda*, em japonês, é preciso entender sua

natureza. No setor de produção, na abordagem tradicional, pode-se identificar sete categorias de desperdícios, quais sejam (ROJAS-LÓPEZ, 2017):

- Retrabalho é coleção de erros, peças defeituosas, que se repetem com frequência, causando interrupções e/ou perda de recursos.
- Superprodução é produzir mais que o planejado ou que a demanda necessita.
- Estoques é o desperdício de recursos estocados por um longo tempo sem serem requisitados.
- Desperdício de movimentos é o movimento excessivo, o deslocamento desnecessário de funcionários.
- Desperdício de processamento é a execução de atividades que não foram requisitadas pelo usuário final.
- Transporte é o movimento desnecessário de materiais, informações ou produtos.
- Desperdícios de espera podem ser identificados pela formação de filas por uma atividade.

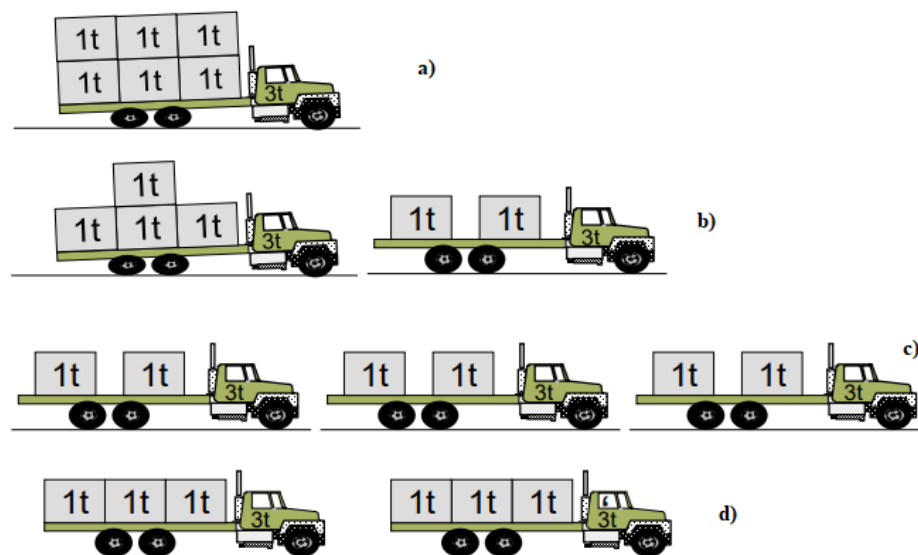
Em novas abordagens, incluiu-se também um oitavo desperdício, o não-aproveitamento do potencial intelectual das pessoas (RIBEIRO, 2015). É o mal-uso do capital humano da empresa, ao não envolver o conhecimento e a experiência do funcionário da linha de frente, tornando complexa a melhoria dos processos. Como explicam Maia, Alves e Leão (2013), os operadores não podem ser simplesmente substituídos por máquinas, pois estas não possuem a capacidade de pensar, de criar, de desenvolver, de encontrar uma solução, quando parece que tudo está perdido ou de ter a flexibilidade suficiente para fazer uma tarefa que requer mãos habilidosas.

Para Womack e Jones (2003), o desperdício está em todos os lugares e a principal ferramenta para combatê-lo é a boa aplicação das técnicas da Produção Enxuta, aplicando estas de maneira contínua e exaustivamente.

Além do *Muda*, a Produção Enxuta também ataca a padronização e a racionalização insuficientes, mal aplicadas, além dos desperdícios, a inconsistência (“*mura*”) e o despropósito (“*mur*”) nos procedimentos de trabalho. Para a filosofia *Lean*, estes três termos representam os três tipos comuns de atividades que não agregam valor ao produto (MOREIRA, 2011).

A Figura 5 ilustra estes três conceitos. O estado ideal, em equilíbrio e produzindo somente o necessário, descrito por Ohno (1997), é representado pela letra d. Na letra a, é possível visualizar o desperdício causado pela sobrecarga de um equipamento, denominado *muri*. *Muri* é o desperdício resultante do sobrecarga de mão-de-obra, equipamentos, facilidades, além de sua capacidade, postos à disposição na realização de um processo. Este desperdício pode prejudicar o funcionamento do processo, gerando custos desnecessários devido a paradas, atrasos, defeitos e acidentes de trabalho. Na letra b, é apresentada a flutuação, a variação da qualidade, custo ou transporte no processo, denominada *Mura*, e resulta de atividades não consistentes que têm como causa a repetição de trabalhos e atrasos. A maneira de se combater estas variações é através do *Heijunka*, o nivelamento da produção. Na letra c, vemos um exemplo de *Muda*, em que quantidades não exatas, com a subutilização de equipamentos, e transporte feito no momento errado (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2014).

Figura 5 - Análise total dos desperdícios: muda, mura, muri; a) Muri (sobrecarga), b) Mura (flutuação), c) Muda (desperdício), d) Estado Ideal.



Fonte: LEAN INSTITUTE BRASIL, 2014.

A Produção Enxuta, então, engloba vários métodos e ferramentas criados e desenvolvidos para colocar em prática o combate ao desperdício, propostos por Ohno,

tais como o mapeamento de fluxo de valor (MSV), o Kaizen (melhoria contínua), a metodologia 5S, o *poka-yoke* (à prova de erros), a produção em células, a gestão visual (RIBEIRO, 2015), que serão abordados em maiores detalhes neste trabalho. Ressalta-se que a adoção da Produção Enxuta envolve muito mais que apenas a adoção destas técnicas, mas principalmente a mudança de mentalidade, a quebra do *status quo*, visão aberta, e o envolvimento de toda organização (do chão de fábrica à direção).

Mais que um sistema de produção, o Pensamento Enxuto é tratado como uma filosofia, expandindo-se para outras áreas, fora do ambiente industrial, como a gestão de projetos, a construção civil, *startups*, e até mesmo, o desenvolvimento pessoal. Neste trabalho, o foco será na aplicação das técnicas *Lean* no ambiente da construção civil.

2.4 Construção Enxuta

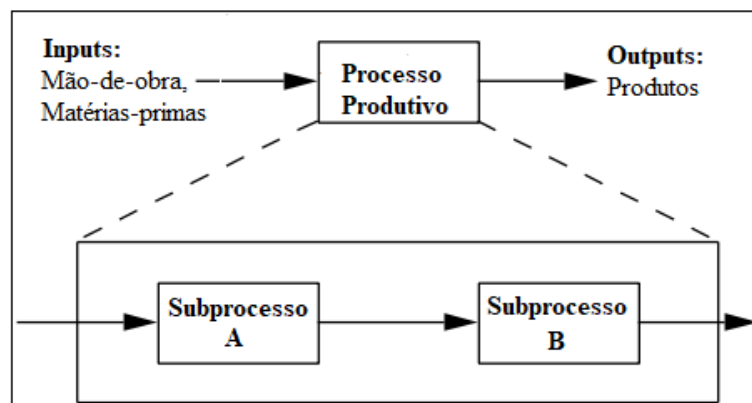
A Construção Enxuta é, segundo Bertelsen e Koskela (2004), um novo entendimento da construção como um tipo especial de produção. É derivado das ideias de Ohno e Shingo, com a aplicação e adaptação das técnicas do Pensamento Enxuto na gestão dos processos da construção civil, observando suas particularidades.

O marco inicial da Construção Enxuta é a publicação de Koskela (1992), um estudioso finlandês, que desafia os profissionais da construção civil a pensarem em conceitos como fluxo e geração de valor, em uma indústria conhecida por seus altos custos (com altos índices de desperdício de material e baixa qualidade) e baixa produtividade, devido à baixa qualificação e à alta rotatividade de mão-de-obra (LORENZON; MARTINS, 2006).

A *Lean Construction* nasce de uma proposta que tenta eliminar o desperdício na cadeia da construção e maximizar a produtividade, consequentemente aumentando o lucro e o poder competitivo para as empresas construtoras com benefício de poder gerar maior valor para seu cliente. A grande inovação desta metodologia é propor considerações de valor ao pensamento tradicional de construção, que se concentra em atividades de conversão e de fluxo (RIBEIRO, 2015).

Formoso (2009) aponta que a diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a Produção Enxuta é principalmente conceitual. A mudança mais importante para a implantação do novo paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos. A visão tradicional da produção vê o processo produtivo como uma conversão de um *input* (matérias-primas, trabalho) em um *output* (produto), dividido hierarquicamente em subprocessos (Figura 6). O valor do produto está associado somente ao custo dos seus insumos. Nesta visão, qualquer ação que possibilita uma redução de custos em um subprocesso, permite uma redução dos custos totais do processo. Tal modelo é irreal, e conforme se aumenta a complexidade do processo, o tamanho do fluxo e da organização, os problemas começam a aparecer (KOSKELA, 1992).

Figura 6- Modelo de conversão tradicional

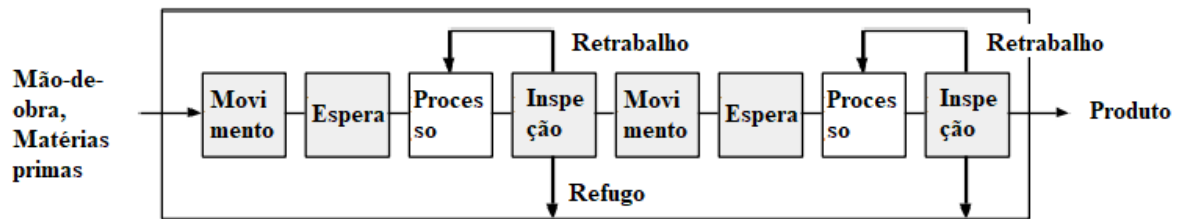


Fonte: Koskela (1992).

Enxergar a produção como um simples modelo de conversão, não considera que há atividades que não agregam valor ao produto, como é abordado pela filosofia da Produção Enxuta. Não se considera os requisitos do cliente. No Modelo de Fluxo de Conversão, Koskela (1992) define que a produção é um fluxo de materiais e/ou informações desde a matéria-prima até o produto acabado. Nesse fluxo, o material pode estar sendo processado, inspecionado ou movimentado, ou ainda estar esperando - pelo processamento, inspeção ou movimentação, como se pode observar na Figura 6. Tais atividades às quais o material pode ser submetido são inerentemente diferentes. O processamento representa o aspecto de conversão do sistema de

produção; a inspeção, a movimentação e a espera representam os aspectos de fluxo da produção (que não agregam valor ao produto), em cinza na Figura 7. Os processos referentes a fluxos podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor refere-se ao atendimento das necessidades dos clientes. Em grande parte dos casos, somente as atividades de processamento proporcionam a agregação de valor ao produto.

Figura 7 - Modelo de fluxo de Conversão



Fonte: Koskela (1992).

Então, como descreve Ribeiro (2015), a Construção Enxuta, é um processo representado por um fluxo de conversão, constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, implicando que um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

Além dos conceitos básicos, Koskela (1992) define um conjunto de onze princípios para a gestão de processos na indústria civil, que serão abordados a seguir.

2.4.1 Princípios da Construção Enxuta

Os princípios da Construção Enxuta visam estabelecer diretrizes para a definição do fluxo de processo e possíveis melhorias a ser implantadas. Há uma relação muito próxima entre os princípios definidos por Koskela (1992). Porém, eles não se encontram em mesmo nível, sendo alguns mais fundamentais e de aspecto geral, e outros, mais específicos, voltados à aplicação prática, se aproximando de ferramentas, conforme divide Picchi (2003). Assim, os onze princípios definidos por Koskela (1992) são:

- Reduzir atividades que não agregam valor. Uma atividade que não agrega valor (ou desperdício) é definida como uma atividade que consome tempo, recursos ou espaço, sem trazer valor ao fluxo. Para Koskela (1992), reduzi-las é uma diretriz fundamental. O mesmo autor ressalta que a maioria dos demais princípios está relacionada a esta meta, sendo o primeiro passo para atingi-la explicitar as atividades

de fluxo, identificando quais atividades podem ser controladas e, se possível, eliminadas.

Como exemplo de aplicação deste princípio, é possível destacar a ação de minimizar distâncias, através do planejamento do *layout* do canteiro de obras, ajustando ferramentas de trabalho próximas das atividades finais, evitando movimentações desnecessárias, conforme sugerido por De Oliveira *et al.* (2016). Outro exemplo é a paletização dos tijolos, proporcionando mais facilidade no transporte, menor desperdício e menos resíduo (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2016).

- Aumentar o valor do produto através das considerações sistemáticas e requeridas pelo cliente. O valor é gerado através da satisfação dos requisitos do cliente e não como um mérito inerente da conversão, sendo esta outra diretriz fundamental do *Lean Construction*. Para toda atividade, há um consumidor externo e um interno, e o valor é gerado se ambas as demandas são supridas. Segundo Borges (2015), um exemplo prático para este princípio seria realizar pesquisas de mercado e avaliações pós-ocupação das construções, de maneira a identificar com clareza as necessidades dos clientes, e assim, determinar melhorias a serem feitas. Um outro exemplo prático desse fundamento, do ponto de vista do consumidor interno, é dado por Formoso (2009), explicitando que a equipe que executa a estrutura de concreto armado deve considerar as tolerâncias dimensionais necessárias para que os processos de execução de alvenaria e revestimentos não sejam dificultados.

- Reduzir variabilidades. Há uma relação direta entre a qualidade do serviço e a variabilidade, especialmente quando se trata dos prazos de execução de projetos. Quanto mais variabilidade no processo, menor a qualidade. Em Bajjou, Chafi e EN-Nadi (2019), variabilidades podem ser definidas e divididas em três categorias: a primeira relacionada aos fornecedores, referentes à processos anteriores; a segunda relacionada ao próprio processo e sua execução; e a terceira, associada à demanda, aos requisitos do cliente.

Do ponto de vista do cliente, um produto uniforme em geral traz mais satisfação, pois a qualidade do produto efetivamente corresponde às especificações previamente estabelecidas. Além disso, a variabilidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto, pois acarreta

a interrupção dos fluxos de trabalho e a não aceitação de produtos fora de especificações de clientes (FORMOSO, 2009).

De Oliveira *et al.* (2016) sugerem como aplicação do princípio, a execução de um planejamento de longo e médio prazos com os fornecedores de insumos, admitindo elementos construtivos padronizados e com otimização de custos. Em adição a isto, a implementação do controle e planejamento da produção, com prazos de cumprimento das atividades relacionados com as necessidades de compra de materiais, em que os produtos são solicitados apenas na quantidade e no momento necessário. E ainda, treinamentos e capacitação da mão de obra, para garantir a segurança e a redução de desperdícios de materiais.

- Reduzir tempo de ciclo. O tempo é a unidade básica de medição dos fluxos de processo. O fluxo de produção caracteriza-se por um tempo de ciclo, o qual é representado como o tempo necessário para uma certa peça atravessar o fluxo. Ele é a soma de todos os tempos pertencentes ao processo produtivo, incluindo os tempos de processamento, inspeção, espera e transporte (KOSKELA, 1992). O princípio de redução do tempo de ciclo é diretamente relacionado à metodologia JIT, envolvendo a otimização dos tempos de ciclo (FORMOSO, 2009).

A redução do tempo de ciclo se dá pelo conhecimento sistêmico dos processos produtivos que a empresa pretende cumprir (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016), portanto a aplicação deste princípio envolve diversas ações, começando por um mapeamento do processo, e depois, como cita Koskela (1992), passando por redução de lotes, eliminação do *work-in-progress*, entre outras.

Assim, reduzindo-se este tempo, obtém-se vantagens como entrega mais rápida do empreendimento ao cliente, maior facilidade no planejamento de futuros empreendimentos, maior flexibilidade, entre outras vantagens, mantendo relação direta com o princípio anterior, já que a redução de variabilidades e padronização pode proporcionar uma redução direta no tempo de ciclo (KOSKELA, 1992).

- Simplificar através da redução do número de passos ou partes. Este princípio, conforme Koskela (1992), refere-se à redução de componentes presentes em um processo, ou ainda, à redução da quantidade de passos ou partes presentes em um

processo maior. Maior o processo, mais partes que não agregam valor a esse processo ou produto. Como exemplo de aplicações deste princípio, cita-se o uso de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e de células de produção, estando este princípio intimamente relacionado ao princípio da redução das atividades de fluxo (CÂMERA, 2015). A terceirização de serviços também é um exemplo de simplificação, serviços como o do gesso, exemplo dado por De Oliveira *et al.* (2016), que só trabalha na fase do acabamento, proporcionam uma redução de custo e uma simplificação do processo, reduzindo o número de pessoas.

- Aumentar a flexibilidade de saída. Voltando ao segundo princípio, aumentar a flexibilidade de saída é possuir a capacidade de alterar o produto final de acordo com os requisitos impostos pelo cliente, agregando valor, mas tentando ao máximo minimizar os custos relacionados. Pode parecer contraditório, porém, na prática, como descrito em Koskela (1992), o caminho é a redução do tamanho do lote, do tempo de ciclo, a personalização de produtos o mais tarde possível, assim como a presença de mão-de-obra polivalente no que consiste as mudanças.

São citados como exemplos de aplicação, a utilização de divisórias de gesso cartonado ou sistema construtivo de lajes planas, possibilitando uma flexibilização do arranjo físico em edificações (ARANTES, 2008). Outro exemplo é o uso de blocos de diferentes tamanhos, já dimensionados no projeto de paginação de parede, aumentando a velocidade das atividades e a flexibilização das plantas e divisões internas (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2016).

- Aumentar a transparência do processo. A falta de transparência aumenta a disposição a erros, reduz sua visibilidade e diminui a motivação por melhorias. Este princípio se refere à remoção de obstáculos visuais, que impedem a observação dos atributos do processo, o nível de produtividade, que dificultam o controle e a melhoria do processo (FORMOSO, 2009; KOSKELA, 1992).

Sua aplicação deve visar tornar o processo diretamente visível por meio de *layout* e sinalização, sugerindo a utilização de técnicas como gerenciamento visual e o 5S, o emprego de indicadores de desempenho, entre outras, como descrito por Formoso (2009). Um exemplo prático é a instalação de placas sinalizadoras, cartazes e fluxogramas com informações sobre a obra, planejamento de etapas e tempo para

a entrega, e placas sinalizadoras que indiquem áreas de depósito de materiais com instruções de como depositá-los (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2016).

- Focar o controle no processo global. Este princípio pode ser entendido como adotar uma visão sistêmica dos problemas, tornando necessária uma integração entre os diferentes níveis de planejamento, isto é, a longo, médio e curto prazo (OLIVEIRA *et al.*, 2016). A razão para isto é que um dos grandes riscos dos esforços de melhorias é subotimizar uma atividade específica dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) no desempenho global do mesmo (ISATTO, 2000).

Para aplicar esse princípio, evitando o risco de subotimização, Koskela (1992) determina que há dois pré-requisitos: primeiro, todo o processo deve ser controlado e mensurado; e segundo, deve haver uma autoridade controladora para todo o processo.

Como exemplo desta aplicação, a atribuição de autonomia às unidades de produção e do estabelecimento de uma relação cooperativa com os fornecedores em longo prazo, conforme cita Koskela (1992).

- Introduzir a melhoria contínua do processo. Assim como na Produção Enxuta, deve-se sempre almejar a perfeição, propondo sempre a melhoria contínua, o *Kaizen*. Isatto (2000) define este princípio como o esforço de redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos, que tem um caráter incremental, interno à organização, devendo ser conduzido continuamente, com a participação da equipe responsável (“os donos do processo”).

Para Koskela (1992), há inúmeras maneiras de institucionalizar este princípio, como definir metas claras (eliminar estoques, por exemplo), direcionando o esforço de melhoria e focando na consolidação dos conceitos.

- Balancear as melhorias no fluxo com as melhorias das conversões. Para qualquer processo de produção, embora relacionados, fluxos e conversões possuem diferentes potenciais de melhoria. Como regra, quanto maior a complexidade do processo produtivo, maior o impacto na melhoria no fluxo; e quanto mais desperdícios inerentes no processo, mais lucrativo é a melhoria no fluxo que a melhoria na conversão (KOSKELA, 1992).

Assim, as melhorias de fluxo e de conversão estão intimamente relacionadas, na medida que fluxos melhor controlados facilitam a introdução de novas tecnologias e diminuem a necessidade de atividades de conversão, reduzindo a necessidade de investimentos. Por outro lado, a introdução de novas tecnologias nas atividades de conversão tende a reduzir a variabilidade, beneficiando os fluxos (ISATTO, 2000). É por essa razão que deve haver um equilíbrio entre ambas, e como Câmara (2015) define, este princípio é nada mais que observar os processos e analisar o que pode ser melhorado em fluxos e conversões.

- Referências de ponta (*Benchmark*). *Benchmark* é, segundo o dicionário, um nível de qualidade que pode ser utilizado em uma comparação. Termo amplamente utilizado nos negócios e na indústria hoje, *Benchmarking* consiste, conforme define Isatto (2000), em um processo de aprendizado, no qual se observa as melhores práticas adotadas em outras empresas, as quais são consideradas líderes em determinado segmento ou aspecto específico de produção.

Assim como Toyoda e Ohno buscaram o sistema Ford e identificaram o que se aplicava à realidade de sua fábrica no Japão, a ideia aqui é observar boas práticas em outras empresas e compará-las com o que é feito internamente. Para Isatto (2000), a competitividade da empresa deve ser o resultado da combinação dos seus pontos fortes (internos), desenvolvidos principalmente a partir de um esforço de melhoria contínua, com boas práticas observadas (externas) em outras empresas e setores.

Conforme sugere Oliveira *et al.* (2016), uma prática é buscar o aprimoramento de relacionamentos com empresas do setor com o objetivo de gerar parcerias e possíveis melhorias em seus processos produtivos.

2.4.2 Ferramentas da Construção Enxuta

A Construção Enxuta possui uma série de ferramentas, cujos benefícios decorrentes de sua aplicação incluem a melhoria da qualidade, a diminuição dos desperdícios, o aumento na produtividade da mão de obra, o aumento na segurança e saúde no trabalho, entre outras vantagens, conforme descrito em diversos autores, tais como Koskela (1992), Isatto (2000), Picchi (2003), Formoso (2009), e outros.

Há uma grande variedade de técnicas e critérios de classificação que variam com o foco do autor, por exemplo, em Innella, Arashpour e Bai (2019), onde se discute a implementação de técnicas *Lean* na construção modular são citadas 10 técnicas, número semelhante ao visto em Singh e Kumar (2021), trabalho que levanta técnicas *Lean* ligadas a gestão visual na construção indiana, abordando 12 ferramentas, entre elas a sempre citada 5S e o Kanban. Em estudos como Babalola, Ibem e Izema (2019), por exemplo, identificam 32 diferentes práticas enxutas implementadas na indústria da construção e os benefícios derivados deles, as categorizando em design e engenharia; planejamento e controle; gestão de obra; e gestão de saúde e segurança, pesquisa realizada através de uma revisão sistemática da literatura onde constatou-se que o LPS e *just-in-time* foram as duas práticas enxutas mais implementadas. Segundo o relatório do CNI (2019), no Brasil, as técnicas mais utilizadas pelo setor da construção foram justamente a ferramenta 5S e o Trabalho Padronizado, ainda que somente 40% das empresas da construção utilizam de maneira completa as ferramentas da Construção Enxuta.

Em Marhani *et al.* (2019) é realizada uma pesquisa preliminar para analisar a efetividade de 7 ferramentas de *Lean Construction* na redução de desperdícios na indústria da construção malasiana, apontando a Total Quality Management e parcerias como as técnicas mais efetivas. Há autores que mencionam apenas 4 técnicas, como no estudo sobre a relação entre sustentabilidade e Construção Enxuta de Francis e Thomas (2020), enquanto outros realizam listas extensas como Carvajal-Arango *et al.* (2019) que categorizaram em seu trabalho 78 ferramentas e práticas aplicadas na construção enxuta.

Mais recentemente, Ferreira, Fiuza e Oliveira (2020) realizaram uma revisão sistemática da literatura internacional sobre o tema nas bases do *Scopus* e *Web Of Science*, selecionando 41 artigos para análise. Como resultado desta análise, as mesmas autoras identificaram 25 práticas e ferramentas da *Lean Construction* mais citadas nos trabalhos analisados. No Quadro 2a seguir, as 10 práticas e ferramentas mais citadas na pesquisa mencionada serão definidas. A escolha desse trabalho se justifica por ser uma publicação recente no tema objeto e pela grande relevância das

bases de datos utilizadas, mencionadas anteriormente, agregando confiabilidad ao estudo de caso realizado aqui.

Quadro 2 - Ferramentas e Técnicas mais citadas

(continua)

Ferramentas e técnicas	Descrição
<i>Last Planner System</i> (LPS)	Filosofia, com regras e procedimentos, e com uma série de ferramentas que facilitam a implementação desses procedimentos. O sistema possui duas componentes: o controle da unidade de produção, cuja função é fazer progressivamente uma melhor designação de tarefas para os trabalhadores diretos; e controle do fluxo de trabalho, que consiste em fazer com que o trabalho “flua” ativamente ao longo das unidades de produção, na melhor sequência e velocidade (BALLARD, 2000).
BIM	Em sistemas CAD- BIM, os componentes do edifício são objetos digitais codificados que descrevem e representam os componentes do edifício da vida real (CRESPO; RUSCHEL, 2007). O principal benefício do modelo BIM deriva da habilidade de partilhar um único modelo digital integrado, consistente, capaz de suportar todos os aspectos no ciclo de vida do projeto da construção (ZHANG; CHEN, 2016).
5S	Fundamentado por cinco sentidos, enfatiza de maneira clara e organizada os princípios de um bom ambiente de trabalho, que se seguidos de forma sistemática e incorporados como cultura, trarão significativos resultados. Os cinco sentidos são definidos, em japonês, como Seiri (Utilização), Seiton (Organização), Seiso (Limpeza), Seiketsu (padronização) e Shitsuke (Autodisciplina). (SOUZA, 2016).
Mapeamento de fluxo de valor	Permite visualizar graficamente as fontes de resíduos (desperdícios), proporcionando as informações necessárias para elaborar um plano de ação para otimizar o fluxo, remover as etapas realmente não necessárias e sustentar a cultura de melhoria contínua (BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017). Facilita o desenho do estado atual e futuro dos processos produtivos, possibilitando enxergar a trajetória de fabricação de um produto do início até o fim (SOUTO FILHO, 2017).
Poka-Yoke	É um método de trabalho que facilita a detecção e eliminação de erros em processos de produção e logísticos. Um exemplo, são dispositivos inteligentes que ao detectar problemas, param a produção, evitando a realização de produtos defeituosos e fazendo com que a qualidade dos produtos fosse assegurada na fonte (ARANTES, 2008).
Gestão Visual	É uma orientação para o controle visual baseado em organização e qualidade, cujo foco é enfatizar um padrão, onde qualquer desvio é facilmente percebido por qualquer um (KOSKELA, 1992).
Just in Time	A ideia principal é a redução ou eliminação de estoques, com a possibilidade de se adquirir produtos na hora e na quantidade necessárias, o desperdício, as irregularidades e as irracionalidades podem ser eliminados e a eficiência, aperfeiçoada. É um dos pilares do STP (OHNO, 1997).
Kanban	É um sistema de informações que controla a produção de toda a fábrica, autorizando a produção, o transporte e informa a localização de componentes através de cartões. Só se produzem ou retiram peças de um processo, ou estoque, caso tenham-se cartões correspondentes a elas, na quantidade fixada entre os cartões. O sistema permite a identificação rápida das flutuações da demanda e proporciona uma resposta rápida, graças a adaptabilidade (NAZARENO, 2003).

Trabalho padronizado	Consiste em identificar a melhor maneira de executar as tarefas necessárias de um processo. É a especificação detalhada das ações dos operários em um processo, de forma a produzir com um mínimo de perdas, em prazo adequado à demanda dos clientes e com baixo nível de estoque (SOUTO FILHO, 2017).
Reuniões Diárias	Tem como objetivo o envolvimento dos funcionários com questões do projeto e incentivá-los a resolver problemas juntos, onde a chave é a comunicação bidirecional, visto que no setor a equipe pode ser muitas vezes variável, a frequência de reuniões permite maior integração ao projeto, evitando erros de comunicação (SARHAN <i>et al.</i> , 2017).

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Definidas os conceitos que embasam o estudo de caso, será abordado nas próximas seções o método científico e a apresentação de resultados obtidos através da execução do trabalho.

3 MÉTODO CIENTÍFICO

Esta seção aborda a metodologia adotada neste trabalho. O método de pesquisa, a unidade de análise, os instrumentos e materiais que serão utilizados, bem como a forma de análise de resultados adotada nesta pesquisa estão relacionados às características do estudo e devem permitir subsídios para atender seus objetivos e responder as questões de pesquisa formuladas.

3.1 Abordagem de Pesquisa

Em atenção aos propósitos deste estudo, a pesquisa realizada neste trabalho é de natureza qualitativa. BRYMAN (1989) destaca as seguintes características da pesquisa qualitativa: presença do pesquisador na organização, profunda compreensão do contexto, maior flexibilidade, a realidade é aquela construída pelos indivíduos envolvidos na pesquisa, uso de mais de uma fonte de dados, variáveis difíceis de quantificar, pouco conhecidas, proximidade entre pesquisador e objeto de pesquisa

Dessa maneira, a abordagem qualitativa é a que mais se aproxima das características da pesquisa apresentadas acima, principalmente à necessidade de profunda compreensão do contexto, presença do pesquisador e flexibilidade, para captar nuances da opinião dos entrevistados sobre as práticas e técnicas de gestão da construção adotadas nas empresas entrevistadas.

3.2 Método de Pesquisa

O método utilizado é o estudo de caso (YIN, 2001), método útil quando a pesquisa tem a intenção de aprofundar os conhecimentos sobre uma realidade para a construção de uma proposição teórica. Segundo YIN (2001), “um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos”.

Para a realização de um estudo desta natureza, a formulação de bases teóricas preliminares é fundamental para a realização de um estudo de caso. Assim, as

técnicas e ferramentas da construção enxuta identificadas na revisão da literatura formam a base teórica que orientou a coleta de dados e a interpretação e análise deles.

Em um estudo de caso, o protocolo é relevante para obtenção da confiabilidade, pois fornece informações para que o estudo, quando repetido sob as mesmas condições, obtenha os mesmos resultados. Seguindo as recomendações propostas por Yin (2001), o protocolo desta pesquisa contempla os seguintes tópicos: visão geral da pesquisa; procedimentos para coleta de dados; questões do estudo de caso; e análise.

Os estudos de casos podem ser classificados segundo (YIN, 2001) por seu conteúdo e objetivo final ou quantidade de casos. Nesta pesquisa, serão utilizados estudos de caso múltiplos e de natureza exploratória, pois apesar de haver estudos sobre aplicação da produção enxuta nos mais diferentes setores da indústria no Brasil e no mundo, a adoção dos princípios e técnicas da filosofia em construtoras brasileiras é ainda pouco explorada. Para tanto, foram escolhidas construtoras localizadas na cidade de Lagoa da Prata e região, que por suas atividades industriais e de agronegócios, encontra-se em expansão, impulsionando o mercado da construção civil, além da importância e necessidade do desenvolvimento de outros segmentos na cidade.

3.3 Unidades de Análise

Para definir a amostra do Estudo de Caso, foi realizado um levantamento junto ao site da prefeitura municipal, entre os prestadores de serviço mencionados em contratos, e também entre os filiados à Associação Comercial da cidade, buscando empresas cuja atividade-fim seria a construção civil, chegando ao número de 21 que atuam na cidade e região próxima. Através de consulta aos sites, redes sociais das referidas empresas, e visitas às sedes, foram realizadas tentativas de um primeiro contato com as mesmas.

Das 21 empresas levantadas inicialmente, 4 não foram encontradas, mesmo em visita presencial a sede; 3, ao serem contactadas mencionaram não atuar mais diretamente no setor; e 5, apesar do contato e da prontidão inicial em participar da

pesquisa, não responderam ao questionário, e passaram a não responder os contatos realizados pela autora. Resultaram, então 9 empresas aptas ao estudo de caso, que foi realizado através de um questionário, respondido por meio eletrônico, por ligação e em visita à obra. Por motivos de sigilo, não serão mencionados nomes, e denominaremos as pesquisadas de A à I.

3.4 Instrumentos e Materiais

Os instrumentos de coleta de dados adotados nesta pesquisa foram as entrevistas estruturadas, que serviram de base para orientar o levantamento de informações. Para realização das entrevistas, foi adaptado e adotado neste trabalho o questionário elaborado em pesquisa realizada por Ferreira, Fiuza, Oliveira (2020). O questionário foi realizado tanto de maneira digital, devido a atual realidade de pandemia, quanto presencialmente nas empresas que permitiram a visita in loco. Optou-se por sua utilização por ser uma entrevista robusta e completa, que permite uma avaliação qualitativa de aspectos relacionados a gestão da construção.

O questionário possui 18 questões distribuídas em quatro seções. A primeira seção corresponde a um perfil do respondente e da organização a que ele representa. O objetivo é traçar um pequeno perfil da realidade do objeto de pesquisa. A segunda seção diz respeito a Gestão da Construção e como ela é executada no dia-a-dia da empresa. A terceira seção aborda a utilização das técnicas e ferramentas do Lean Construction, no caso as 10 técnicas mais citadas na literatura recente, resultado do trabalho de revisão de Ferreira, Fiuza, Oliveira (2020). A quarta seção é dedicada às empresas que já conhecem e aplicam as técnicas, e buscam identificar e qualificar oportunidades e barreiras em sua aplicação. O questionário foi elaborado pelas pesquisadoras e foi validado como instrumento de pesquisa por 3 experts (2 professores e 1 profissional da área) sendo posteriormente realizado um teste piloto com 3 respondentes para verificar possíveis problemas, assim realizando os ajustes no conteúdo. O mesmo encontra-se nos anexos.

A partir dos dados levantados, realizou-se uma análise qualitativa da aplicação das técnicas e ferramentas, assim como é efetuada na realidade da gestão da

construção nas empresas da região, principalmente pela percepção dos gestores de obra, comparando as respostas fornecidas.

3.5 Forma de Análise dos Resultados

Após descrições detalhadas dos casos e codificação dos dados, foi efetuada a análise dos mesmos. Os dados coletados foram submetidos a um estudo aprofundado, pelas proposições, objetivos de pesquisa e referenciais teóricos. Assim, uma análise preliminar das respostas permitirá detectar divergências, conflitos, vazios e pontos coincidentes que se acham nas afirmações dos respondentes.

Os resultados da pesquisa foram analisados e são apresentados através do contraponto entre teoria e prática, e da comparação entre a aplicação da construção enxuta no cenário nacional e a adoção de práticas e técnicas da construção enxuta por cada empresa analisada na cidade de Lagoa da Prata, dados presentes na seção seguinte.

4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados dos nove estudos de caso realizados no desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente, é apresentado uma caracterização do perfil de empresas e entrevistados. A seguir, a gestão da construção e a aplicação das técnicas e ferramentas da construção enxuta nas construtoras investigadas é descrita.

4.1 Caracterização dos Entrevistados e das Unidades de Análise

As construtoras participantes deste estudo estão localizadas ou possuem filiais/projetos em Lagoa da Prata e região próxima. Por questão de sigilo, a pedido das participantes, elas serão denominadas construtoras A à I. A seguir, é apresentado um quadro resumo com os perfis dos respondentes e das construtoras participantes dos estudos de caso, o Quadro 3.

Quadro 3 - Caracterização dos entrevistados e construtoras.

Características	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Perfil dos Entrevistados									
Posição do entrevistado na organização	Proprietária	Engenheiro	Gerente de Projetos	Engenheiro	Engenheiro	Fiscal de medição de obra	Gerente de Contrato	Engenheira e Responsável pela execução	Engenheiro
Tempo de experiência profissional (anos)	0-5	0-5	0-5	0-5	6-10	0-5	11-15	0-5	0-5
Características das Construtoras Investigadas									
Ano de fundação da empresa	2021	2019	2011	2012	2011	2012	1978	2017	2013
Funcionários Diretos	4	5	100	15	25	40	2300	12	25
Funcionários Indiretos	20	15	30	30	40	100	100	10	40
Área de atuação	Minas Gerais	Brasil	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Brasil	Lagoa da Prata	Brasil
Principais Áreas de Operação	Residenciais	-Residenciais -Não - Residenciais	-Residenciais -Não - Residenciais	Pesada	-Residenciais -Não - Residenciais	Residenciais	-Pesada -Industrial	Residenciais	Residenciais

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Sobre o perfil dos entrevistados, como pode ser observado no Quadro 3, todos os respondentes da pesquisa possuem curso superior, sendo que apenas um não possui formação em engenharia, o da Construtora F, que é administrador. Em sua maioria, ocupam cargos de gerência nas construtoras levantadas, sendo um deles a proprietária da empresa pela qual responde, a construtora A. Em sua maioria, possuem experiência de até 5 anos no setor e exclusivamente na mesma empresa, excetuando pelos entrevistados das construtoras E e G, que já possuem mais de 5 anos de experiência, sendo considerados profissionais plenos.

Quanto à caracterização das construtoras, percebe-se que a maioria delas têm menos de 11 anos de anos de fundação, com exceção da construtora G. A construtora G, além do maior tempo de fundação também possui o maior número de funcionários diretos (2300). O número de funcionários diretos também pode ser adotado como critério de classificação segundo o porte (IBGE, 2015). Assim, as construtoras A, B, D e H podem ser classificadas como de micro porte; as construtoras E, F e I, de pequeno porte; a construtoras C como médio porte; e por fim, G como grande porte. O número de funcionários indiretos varia entre as construtoras da amostra, porém nenhuma das empresas declara possuir mais de 100 colaboradores indiretos.

O questionário, baseado na classificação proposta por Vieira (2006), identifica quatro grandes áreas de operação para as construtoras investigadas, as quais são: 1) construção industrial - responsável pela montagem de estruturas metálicas nos vários setores industriais, sistemas de geração de energia, de comunicações e de exploração de recursos naturais; 2) construção pesada - construção de infraestrutura de transportes, energia, telecomunicações e saneamento; e 3) edificações (construção de edifícios), com subclassificação em: construções residenciais (residências familiares, edifícios de apartamentos, condomínios); e construção de edifícios não residenciais (escolas, universidades, hospitais, edifícios comerciais e escritórios, depósitos). De acordo com os respondentes, a maioria das construtoras (7) atuam em construções residenciais, sendo que destas 3 também atuam em edifícios não residenciais. A construtora G realiza obras de construção pesada e industrial (principalmente obras ferroviárias) e a construtora D opera somente na construção pesada (loteamentos e condomínios náuticos). Comparando com os

resultados de Lima *et al.* (2021), estudo sobre as boas práticas e ferramentas no projeto e planejamento de canteiro de obras no Brasil, observa-se que a amostra correspondente a Lagoa da Prata reflete os dados levantados nacionalmente, que mostram uma predominância de empresas de micro e pequeno porte no setor.

Ainda em relação a caracterização das empresas, quanto a área de atuação, somente a empresa H se restringe a Lagoa da Prata, ressaltando que cinco construtoras têm atuação estadual e três, declaram atuar em todo o país.

4.2 Gestão da Construção nas Construtoras Investigadas

Na segunda parte questionário, constituída de questões abertas, foram coletadas informações sobre como é praticada a Gestão da Construção em cada construtora. As informações foram analisadas comparativamente e confrontadas com as premissas apresentadas na revisão da literatura.

Para melhor entendimento, pode-se subdividir a amostra em três blocos em relação a como é praticada a gestão de obras na companhia, sendo o primeiro, formado pelas construtoras A, B, C, E, F e H, ou a maioria, em que a gestão não possui um método estruturado. As outras três construtoras analisadas adotam a filosofia *Lean* e serão subdivididas em um segundo bloco, formado por D e I, micro e pequenas empresas; e em um terceiro bloco, constituído apenas pela Empresa G, a única empresa de grande porte.

No primeiro bloco, de uma forma geral, foi possível verificar que as construtoras investigadas, constituída em sua maioria por micro e pequenas construtoras, com foco em construções em residenciais, não possuem uma metodologia estruturada para a gestão, baseando-se principalmente nas decisões dos proprietários e experiência de gestores, representados aqui pelos engenheiros responsáveis pela execução da obra. Como visto em De Araújo, Avelino e Araújo (2018), generalizando para a amostra, a gestão de obras consiste no acompanhamento presencial da obra, na elaboração e acompanhamento dos cronogramas físico e físico-financeiro, enquanto que o controle de custos está na identificação de variações negativas entre os custos orçados e os custos reais.

Algumas das construtoras utilizam ferramentas tecnológicas complementares para o controle e planejamento, como C, porém sua realidade não foge a esta situação. O planejamento ainda é deficiente, decisões são tomadas de maneira reativa, conforme surgem problemas, e embora algumas construtoras adotem pelo menos uma técnica/ferramenta da construção enxuta, a adoção da filosofia não integra toda a companhia, e o conhecimento sobre as mesmas é ainda incipiente, sendo realizadas de maneira intuitiva. Quando existente, o planejamento e controle de obras ainda é um setor isolado dentro das empresas, situação já observada em estudo semelhante por Magalhães, Mello e Bandeira (2018). Comparando os dados levantados com os modelos citados por De Filippi (2017), observa-se que o modelo convencional ainda predomina nas rotinas de trabalho.

A Construtora A, como exemplo, acaba de ser fundada. Segundo a entrevistada, proprietária da mesma, a gestão na empresa consiste em acompanhar a execução da obra, prestando todo o suporte técnico necessário para que seja concluída dentro do prazo e com a qualidade esperada, garantindo o cumprimento do cronograma físico-financeiro. Este acompanhamento é realizado presencialmente na obra e através de relatórios fotográficos. A gestão de gastos com materiais, a gestão de compras e de fornecedores é realizada por meio de grupos de *whatsapp* e planilhas de Excel, e a mão-de obra que atua nos projetos é contratada por empreitada.

Na Construtora H, com porte e tempo de operação muito parecidos com A, B, E, e F, segundo a engenheira responsável, “eles fazem o básico só”. A entrevistada além de responsável pela execução, diz ocupar “o RH, o financeiro, a logística e até o atendimento ao cliente”. Conhece a filosofia do *Lean*, porém não é aplicada na empresa e gestão é bem parecida do que é feito em A. Possui somente uma obra ativa no momento da pesquisa, um edifício residencial de alto luxo, e toda a equipe é alocada no local, inclusive o escritório da entrevistada, que também funciona como almoxarifado.

A entrevistada relata ainda que há a presença do cliente em todo o processo, uma vez que cada proprietário possui seu arquiteto e mesmo na fase de execução há interferência no projeto. Na fase de acabamento, é comum que se altere o padrão estipulado no projeto básico para atender alguma demanda do cliente. As variações,

“problemas”, são resolvidos conforme surgem. A entrevistada cita uma situação que exemplifica o que foi dito, uma situação decorrente de uma variação nos pisos utilizados, não planejada anteriormente. Foi decidido por um modelo básico de piso, mas o cliente solicitou uma alteração nesse momento de finalização da obra, o que gerou uma grande alteração nos processos de instalação e alterou também o projeto utilizado. Além da alteração na árvore de processos, foi criado também um problema de estoque e armazenamento, já que o piso não utilizado não possui local apropriado para ser depositado, o que gera desgaste do material devido a contato com chuva e sobrecarga na estrutura física da obra. A Foto 1 mostra a organização do canteiro de obra e se constata a falta de organização do material e equipamentos, no lado direito o piso comprado a ser descartado. O cliente foi atendido, mas restou um estoque de material sem uso, que não poderá ser aproveitado, o que significou desperdício. A barreira principal levantada pela entrevistada é a resistência dos diretores e o alto custo de implantação, junto com a falta de conhecimento das técnicas, o que dificulta muito a mudança. A mesma afirma que gostaria de fazer mais, por exemplo implantar o 5S, pois facilitaria a própria execução de seu trabalho.



Foto 1 - Equipamentos e materiais, nos pilotis da obra na Construtora H. Ao fundo, o local separado para entrega de EPIs.

Embora C seja uma construtora de médio porte e aplique um software de planejamento, também se encaixa no bloco daquelas que não possuem gestão estruturada. O entrevistado inclusive levantou uma dúvida, se havia respondido corretamente algumas perguntas uma vez que acreditava não se aplicarem à realidade da empresa. Ele acredita que a empresa, apesar do crescimento nos últimos anos, tem como principais barreiras o alto custo de consultoria e implantação e a resistência dos gerentes e diretores à mudança. “tudo é caro”. Ressaltou que o “básico funciona bem, apesar dos benefícios da novidade”. O controle está concentrado nos subprocessos individuais em detrimento do processo global.

As demais empresas do bloco apresentam relatos muito parecidos aos já mencionados, realizando a gestão de forma bem semelhante, com o auxílio de planilhas, sem método estruturado.

O segundo bloco é constituído por D e I, ambas microempresas com tempo de operação semelhantes. A gestão na construtora D é realizada através de um programa de gestão de obra, acompanhado de diários de obras devidamente preenchidos pelos encarregados e aferidos pelo engenheiro responsável. Adicionalmente, são utilizados relatórios fotográficos acompanhados de levantamentos com drones, que o entrevistado considera um diferencial no setor que está (condomínios e loteamentos náuticos). Assim como a construtora I, afirma utilizar a construção enxuta como método principal de gestão, buscando diminuir desperdícios e focando no fluxo de valor, principalmente retirando atividades que não agregam valor. O respondente de I afirma que a construtora procura reduzir ao máximo os estoques, porém menciona que na pandemia enfrentou problemas de fornecimento e falta de pessoal. Utilizam um número maior de técnicas do *Lean*, mas ambos entrevistados comentam que ainda é restrito a alguns setores das construtoras, ocorrendo de maneira isolada. Possuem 02 e 06 anos, respectivamente, de aplicação das técnicas e ferramentas da *Lean Construction* na rotina das obras. Considera-se que a aplicação da LC ainda está em fase embrionária.

A Construtora G é a mais antiga e com maior porte das unidades de análise, e utiliza como método de Gestão o Gerenciamento pelas Diretrizes (GPD) e a estratificação das metas por níveis, também conhecido comercialmente por método Falconi, baseado na Gestão da Qualidade Total e no Sistema Toyota de Produção. O GPD permite discorrer sobre os três níveis do sistema de gestão em uma única abordagem, relacionando os três níveis, o estratégico, o tático e o operacional, buscando sempre a melhoria contínua. Segundo o respondente, a empresa utiliza o *Lean* desde sua fundação, sendo parte da cultura da construtora, e justamente por isso, há um setor de gestão bem estruturado, onde ele trabalha. Dentre as participantes a construtora é a que utiliza mais técnicas e ferramentas da LC. Pela maneira como é descrito pelo entrevistado, há aderência com o sistema LPS, dentre aqueles sistemas citados por De Filippi (2017), que inclusive é citada como ferramenta utilizada na companhia. Há uma hierarquia vertical no planejamento, através da estratificação por níveis, são definidas metas mensais, acompanhadas de metas semanais e diárias pela equipe de produção. São utilizados diversos indicadores de

desempenho tais quais; absenteísmo, da produtividade por equipe, faturamento/homem, taxa de desligamento. Há tratamento de perdas, a empresa sempre as identifica e procura avaliar os custos destas na execução dos cronogramas físico-financeiros. Na medida que os projetos avançam, acompanhamentos semanais são realizados para monitoramento de todos os indicadores, sejam de custos, segurança, saúde, meio ambiente e qualidade. O controle e lançamentos são realizados através de um aplicativo desenvolvido internamente.

Sobre as tecnologias utilizadas, as planilhas de Excel, utilizadas na avaliação de custos, cronogramas físico-financeiros, e até controle de pessoal, são uma unanimidade para o controle das obras. São citadas como ferramenta utilizada por todos os participantes. Quando questionados em relação à gestão, todos citam o acompanhamento e controle por planilhas como “método”, uma confusão comum entre os participantes. Sobre as demais tecnologias citadas pelos respondentes, o principal software de planejamento utilizado é o MS Project, citado por 3 empresas. Cita-se o caso da Construtora G, que possui um aplicativo desenvolvido internamente para o planejamento e acompanhamento das obras, que se justifica pelo porte e área de atuação da empresa. Entre os softwares de desenho técnico, o AutoCAD é o mais citado, sendo utilizado por 6 construtoras. Semelhantes ao AutoCAD, também são citados o CADCivil, o Sketch Up e o Revit. A empresa D cita a utilização de drones em campo como tecnologia e diferencial da mesma. Algumas construtoras utilizam também tecnologias específicas para planejamento, como por exemplo, o SIENGE, e softwares específicos para cálculos de estruturas como o CypeCAD e Eberick, que possuem o sistema BIM integrado aos seus algoritmos. Observa-se que há uma busca maior por ferramentas tecnológicas entre as construtoras mais novas.

O Eberick, citado tanto por A e B (as construtoras com menor tempo de operação da amostra) é um software para projeto estrutural em concreto armado moldado *in-loco* e concreto pré-moldado que engloba as etapas de lançamento, análise da estrutura, dimensionamento e o detalhamento final dos elementos. Já o SIENGE, utilizado como principal tecnologia de planejamento pelas construtoras C e D, é um software brasileiro voltado para construção civil, que integra todas as áreas e equipes e permite o controle gerencial dos projetos.

As informações em relação a gestão da construção nas unidades de análise são sintetizadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Quadro Resumo Informações sobre Gestão da Construção e Tecnologias Utilizadas.

Empresas	Gestão da Construção	Principais tecnologias adotadas	Tratamento de Perdas	
			Identifica perdas?	Avalia Custos?
Construtora A	Acompanha a execução da obra e cumprimento do cronograma físico financeiro. Gestão de gastos com materiais, gestão de compras e de fornecedores por meio de grupo de <i>whatsapp</i> e controle por meio de planilhas.	Excel, Project, AutoCad, Eberick.	X	X
Construtora B	Gestão é realizada por meio de relatórios diários de obras, planilhas de Excel e fotos.	Excel, AutoCAD, Eberick e Sktech Up.	X	
Construtora C	Gestão é feita por planejamento feito no MS Project e no software para construção civil SIENGE. Todo os lançamentos de compras e solicitações são realizados no programa.	Excel, Project, AutoCAD, Sktech Up, Sienge, entre outros.	X	X
Construtora D	Gestão é realizada através de um programa de gestão de obra, cronograma e financeiro, acompanhado de diários de obras devidamente preenchidos pelos encarregados e aferidos pelo engenheiro responsável. Junto a isso, relatórios fotográficos acompanhados de levantamentos com drones.	Sienge, Excel, Drones, AutoCAD, CADCivil3D, Revit	X	X
Construtora E	Gestão através de acompanhamento presencial na obra, por engenheiro responsável, e lançamento de dados em Excel, e-mail, <i>whatsapp</i> .	Excel, Project, AutoCAD, Cype CAD, Sketch Up, entre outros.	X	
Construtora F	Gestão através de acompanhamento presencial na obra, utilizando planilhas		X	X
Construtora G	Gerenciamento pelas diretrizes – GPD, estratificação das metas por níveis.	Aplicativo desenvolvido internamente, resumos semanais e controle via planilhas de custos;	X	X
Construtora H	Gestão é realizada por meio de cronogramas físico e planilhas de custo.	Excel	X	X
Construtora I	Gestão é realizada por meio de cronogramas físico e planilhas de custo.	Excel, AutoCAD	X	X

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

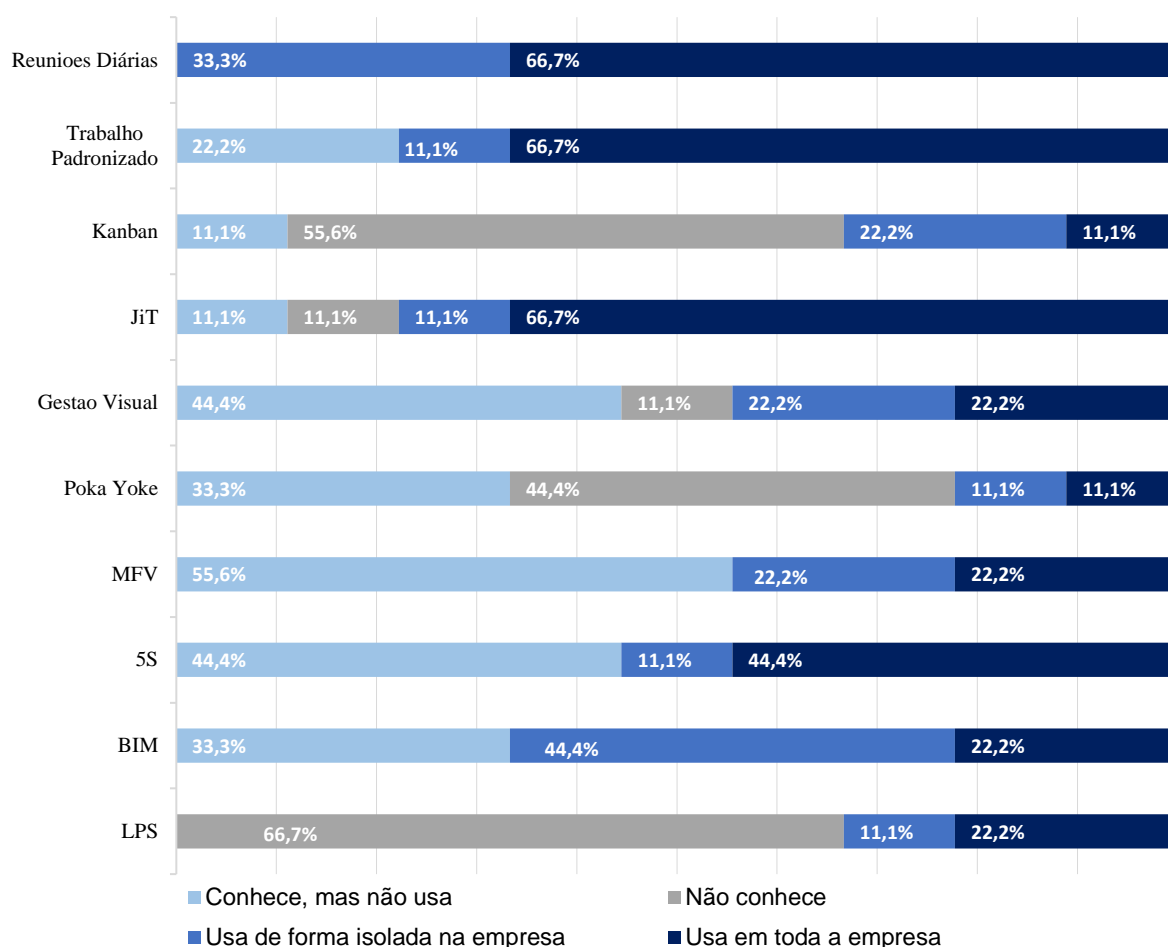
4.3 Adoção da construção enxuta nas construtoras investigadas

Esta seção traz um sumário dos resultados obtidos nos estudos de caso, com ênfase no conhecimento e aplicação das práticas selecionadas para o estudo.

Primeiramente, foi questionado aos entrevistados se estes conheciam a *Lean Construction*, e excetuando pelo respondente da construtora B, todos disseram ter conhecimento sobre a mesma, fato semelhante ao visto no estudo de Fiuza e Ferreira (2021), realizado em Ouro Preto. Em seguida, foi questionado sobre o tratamento de perdas, e praticamente todas as construtoras da amostra dizem identificá-las e avaliar os custos. A maioria não entra em detalhes de como o realiza, mas no geral, as construtoras buscam a redução dos custos fixos. Como visto anteriormente, o desperdício é uma característica do setor, como na situação relatada dos pisos por H. A entrevistada da empresa H ainda menciona que determina uma margem de 10% nos custos apenas para perdas, principalmente de materiais, valor alto para a mesma, mas que oferece segurança para sua operação.

Foi apresentado aos entrevistados uma lista com as 10 ferramentas e técnicas mais comumente citadas na revisão sistemática realizada em Ferreira, Fiuza e Oliveira (2020), com uma breve explicação sobre cada uma delas, e foi solicitado aos respondentes se as conhecia, se as utiliza na empresa onde trabalha, se é utilizada em toda a empresa ou apenas em um setor. O Gráfico 1 sintetiza estes resultados.

Gráfico 1 - Nível de conhecimento e utilização das ferramentas e práticas da construção enxuta nas construtoras de Lagoa da Prata



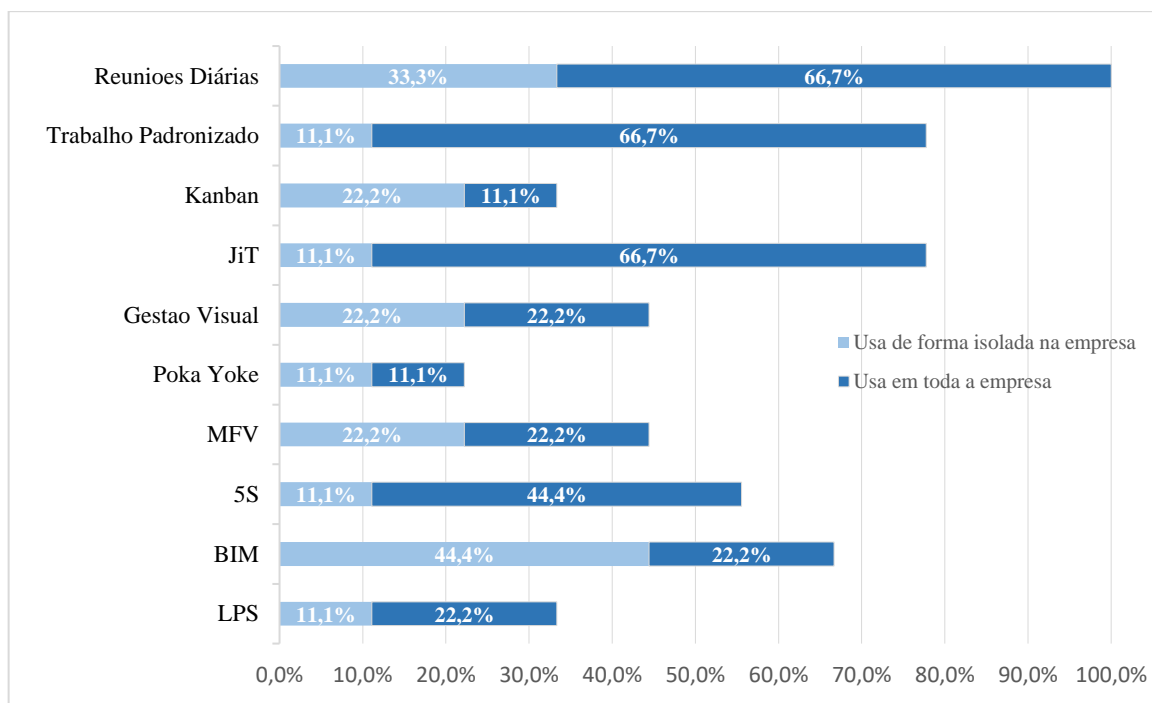
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Analisando o gráfico, observa-se que embora nem todas as empresas adotem a *Lean Construction* como método de gestão principal, todas utilizam ao menos uma prática ou ferramenta e a maioria das ferramentas são conhecidas pelos respondentes. As técnicas menos conhecidas são o LPS, o *Poka-Yoke* e o *Kanban*, com 66,7%, 55,6% e 44,4%, respectivamente, dos respondentes declarando não possuir conhecimentos da técnica, sendo semelhante ao visto em Fiuza e Ferreira (2021). Entre as conhecidas, mas não aplicadas nas construtoras, estão o MFV, com 55,6% dos entrevistados, seguido pelo 5S e a Gestão Visual, ambos com 44,4%.

Comparando estes resultados com os dados das revisões sistemáticas em Ferreira, Fiuza e Oliveira (2020) e em Babalola, Ibem e Izema (2019), há uma divergência entre a teoria e a prática, uma vez que estas técnicas figuram entre as mais citadas na literatura internacional. O LPS é a técnica mais citada de todas as ferramentas da LC, porém aqui figura como a menos conhecida pelos profissionais entrevistados. As práticas e ferramentas mais citadas na literatura internacional não correspondem com as mais citadas na amostra.

O Gráfico 2 apresenta os resultados relacionados ao uso das técnicas, isolado ou completo pelas construtoras. As técnicas mais utilizadas são as Reuniões Diárias (citadas por todas os entrevistados), o Trabalho Padronizado (77,8%), o JiT (77,8%), e o BIM (66,7%). O restante das técnicas é utilizado por menos da metade das empresas. O BIM é a técnica mais empregada isoladamente, se concentrando principalmente na execução de projetos das empresas. Para comparação, analisando a sondagem especial do CNI (2019), que abrange construtoras de todo o país, as duas principais técnicas utilizadas são o Trabalho Padronizado e o 5S, seguido pelo MFV.

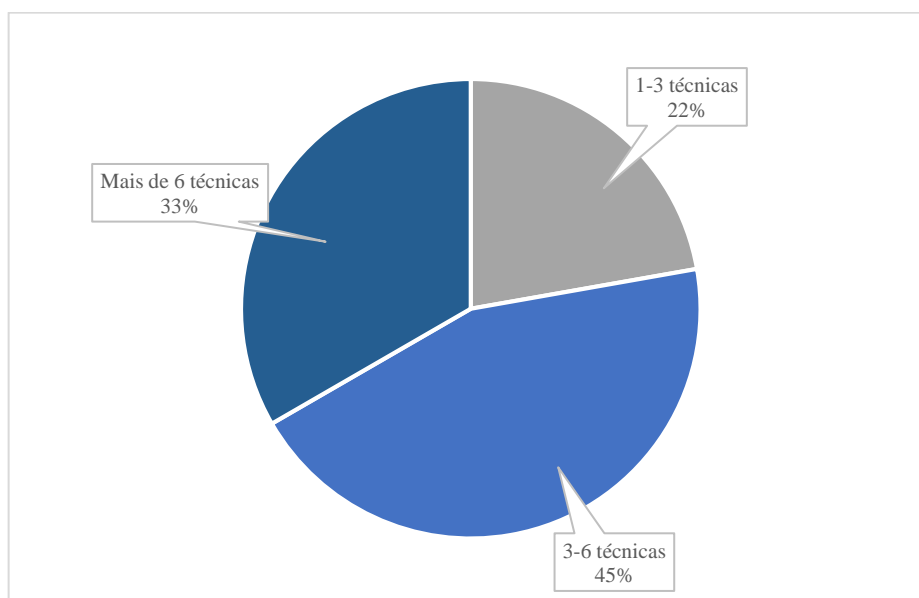
Gráfico 2 -Uso (de forma isolada ou completa) das técnicas de Construção Enxuta.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

O Gráfico 3 mostra o percentual de respostas por faixa de número de técnicas utilizadas pelas construtoras da amostra. Pode-se observar que não há construtoras que não adotem pelo menos uma técnica da LC entre as participantes, sendo que 45% está na faixa de 3 a 6 técnicas adotadas e 33% adotam mais de 6. Há interesse na adoção de melhores práticas na gestão de obras, porém a aplicação pode aumentar, já que o uso da prática é realizado geralmente de maneira incompleta. O baixo número de práticas empregadas de maneira completa pode limitar os benefícios que sua aplicação gera (CNI, 2019).

Gráfico 3 -Quantidade de ferramentas utilizadas por empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A seguir, é apresentado um quadro resumo sobre os resultados da Pesquisa, o Quadro 5. Observando o Quadro 5, as construtoras que mais empregam práticas e ferramentas são G, I, D, E, F, em ordem decrescente. Analisando quanto ao porte, estas construtoras representam também as maiores da amostra, o que pode indicar uma relação entre tamanho e número de práticas utilizadas. Os resultados observados em Fiuza e Ferreira (2021) corroboram com essa ideia, que a busca por métodos e ferramentas é maior em empresas maiores. As construtoras D e G empregam mais práticas, e ambas pertencem ao mesmo segmento, o da construção pesada, sendo que estas são também as empresas mais consolidadas no mercado, com mais tempo

de operação e com maior área de atuação e infraestrutura. Na sondagem especial do CNI (2019), 41% das empresas do setor de Construção de edifícios empregam pelo menos 4 técnicas e esse percentual cai para 37% no setor de Obras de infraestrutura, o que indicaria maior estruturação no setor residencial, o oposto do observado na amostra.

Ao ser questionado por outra ferramenta utilizada nas rotinas das construtoras, o entrevistado da construtora G foi o único que quis fazê-lo, e além das 10 abordadas no questionário, citou:

- Diálogos de Saúde e Segurança diários;
- Reuniões Semanais, Reuniões Mensais;
- Indicador de estoque, mas não realizam controle de desperdícios;

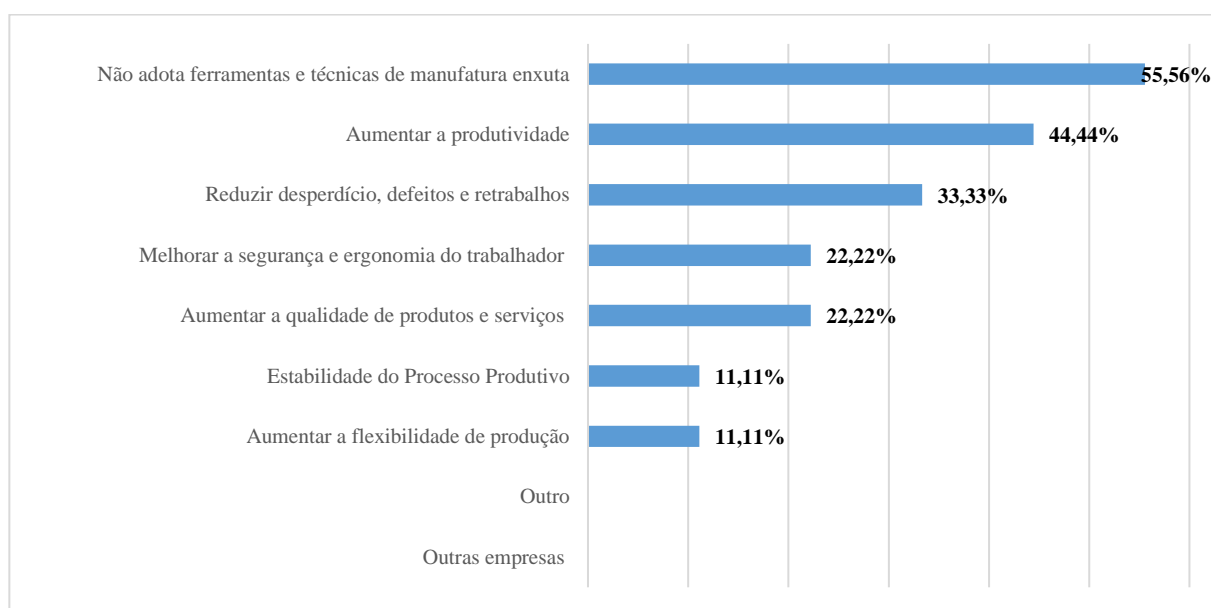
Quadro 5 - Quadro resumo sobre a aplicação de práticas e ferramentas nas empresas pesquisadas

Empresas	LPS	BIM	5S	MFV	<i>Poka Yoke</i>	Gestão Visual	JiT	Kanban	Trabalho Padronizado	Reuniões Diárias
Construtora A										X
Construtora B			X			X	X		X	X
Construtora C		X	X	X			X		X	X
Construtora D	X	X		X		X	X		X	X
Construtora E		X		X			X		X	X
Construtora F		X	X				X	X	X	X
Construtora G	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Construtora H										X
Construtora I	X	X	X		X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Embora não existam construtoras que não apliquem pelo menos uma prática, quando questionadas em relação aos fatores que levaram a adoção das ferramentas e práticas da LC, a maioria respondeu que não adota. Não há reconhecimento da ferramenta/prática dentro da filosofia *Lean*, a semelhança dos resultados expostos em Fiuza e Ferreira (2021) e também na sondagem do CNI (2019), visto a adoção de maneira intuitiva e isolada. As demais empresas da amostra buscam, principalmente, “aumentar a produtividade” e “reduzir desperdício, defeitos e retrabalhos”. Esses fatores foram apontados como uma das principais razões para adoção das práticas por 44,4% e 33,3% das empresas, respectivamente. “Melhorar a segurança e a ergonomia do trabalhador” e “Aumentar a qualidade de produtos e serviços” em terceiro lugar, ambos apontados por 22,2% das empresas, como ilustrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 -Fatores que levaram à adoção das ferramentas e práticas de produção enxuta



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na visão das empresas entrevistadas, as principais barreiras que dificultam a adoção das práticas da produção enxuta são o “Falta de conhecimento das ferramentas e práticas” e a “Resistência dos gerentes e/ou diretores à mudança”. As empresas C e H citam “alto custo de consultoria e/ou implantação”. Verifica-se que G, também a maior das participantes, cita principalmente “Resistência dos trabalhadores à mudança”, assim como D. Para as micro e pequenas empresas, em uma análise

por porte, a principal barreira para pequenas e médias empresas é a falta de conhecimento das ferramentas e práticas.

A última seção do questionário foi destinada às empresas que utilizam os princípios da filosofia da construção enxuta. São citados pelas construtoras adotantes do *Lean Construction* os princípios: Reduzir o tempo de ciclo; manter um equilíbrio entre melhorias dos fluxos e conversões; introduzir a melhoria contínua; reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; aumentar o valor do produto ofertado ao cliente; e focar o controle no processo global.

5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.2. Discussão dos resultados

Este trabalho teve como objetivo investigar quais ferramentas e práticas de gestão são adotados nas construtoras da cidade de Lagoa da Prata, com ênfase na filosofia *Lean Construction*, e para tanto foi realizado um estudo de campo com nove construtoras com atuação na cidade.

De um modo geral, durante as entrevistas e visitas da autora, foi possível observar que embora praticamente todos os entrevistados conheçam o LC e todas as construtoras adotem pelo menos uma prática listada, são poucas as empresas que possuem um método de gestão estruturado, baseando a gestão na comparação do planejado e executado, visando manter o cronograma físico e financeiro dentro do previsto, sem maior análise de causas, situação bem semelhante ao encontrado nos estudos de Magalhães, Mello e Bandeira (2018), Lima *et al.* (2021) e Fiuza e Ferreira (2021). As próprias características do setor, conforme levantam De Araújo, Avelino e Araújo (2018), tornam a construção civil um setor desafiador para as metodologias de gestão, características como a dificuldade de elaboração de um planejamento específico e um controle de custos, a existência de um grande número de interdependências entre os projetos que compõem o empreendimento, a necessidade de velocidade de tomada de decisões e o grande número de participantes.

Vieira (2006) aponta adicionalmente que a falta de planejamento decorre da preocupação excessiva com aspectos técnicos como os projetos arquitetônicos e estruturais, e desleixo com questões produtivas, que se traduzem no elevado número de retrabalho nos canteiros, de tempo ocioso, atraso nas entregas, desperdícios em geral. Essa situação é observada em quase todas as participantes da pesquisa, em maior ou menor grau, como é visto em H, que oferece um produto de alto valor, porém carece de método de gestão, enfrentando desperdícios constantes, e também em empresas maiores como C, que investe em tecnologias, *softwares* de ponta, porém ainda utiliza planilhas de Excel como base da gestão. A pesquisa reflete ainda o que é visto em Lima *et al.* (2021), que o mercado da construção civil é constituído em sua maior parte por pequenas e microempresas, como baixo nível de profissionalização,

onde predomina a mentalidade do improviso e da falta de planejamento, realidade que se repete localmente na região alvo desta pesquisa.

Ao contrário do visto em Lima *et al.* (2021), destaca-se que os gestores são em sua maioria, profissionais com menos de 5 anos de atuação, e excetuando por G, as construtoras possuem até 10 anos de operação, sendo em sua maioria empresas jovens. Isso se reflete no planejamento e controle de obras, que ocorre baseado nas experiências de gestores, que muitas vezes, como a própria entrevistada da construtora H declara, ainda acumulam diversas funções, faltando tempo e motivação para tratar de questões produtivas.

Três construtoras analisadas adotam a filosofia *Lean*, G, D e I, sendo G a única de grande porte. A construtora G é especializada em obras ferroviárias, tem o maior tempo de operação, e dentre as pesquisadas, principalmente pelo tamanho e experiência, é aquela que possui o planejamento e gestão mais estruturados, utilizando o Gerenciamento pelas Diretrizes (GPD) e a estratificação das metas por níveis. É também aquela que melhor aplica o *Lean*, adotando a filosofia em todos os setores da empresa, de maneira completa, o que não ocorre em D e I, que concentram sua aplicação em determinados setores de sua organização.

Quanto a aplicação de métodos e ferramentas da construção enxuta, todas utilizam ao menos uma prática ou ferramenta e a maioria das ferramentas são conhecidas pelos respondentes. Houve uma pequena dificuldade entre os entrevistados em identificar as práticas utilizadas pelos nomes mencionados, confusão solucionada pela curta descrição que acompanha o nome no questionário, o que já demonstra indícios que a aplicação das mesmas ocorre muitas vezes de maneira intuitiva e isolada, sem formalização e sem estar associada à adoção da filosofia Construção Enxuta nas empresas. Outra confusão observada é entre o que é prática e o que é tecnologia pelos entrevistados, por exemplo, citar “planilhas de Excel” como prática ou método de gestão, e a utilização de drones como prática.

Há também uma divergência entre a teoria e o praticado nas construtoras da cidade, pois as técnicas menos conhecidas pelos respondentes são o LPS, o *Poka-Yoke* e o *Kanban*, que figuram entre as mais citadas na literatura internacional. O LPS é a técnica mais citada de todas as ferramentas listadas, com inúmeros trabalhos publicados sobre o tema, nem sempre associado a *Lean Construction* como é visto nas revisões sistemáticas em Ferreira, Fiuza e Oliveira (2020) e em Babalola, Ibem e

Izema (2019). Entre as conhecidas, mas não aplicadas nas construtoras, estão o MFV, seguido pelo 5S e a Gestão Visual, uma pequena surpresa, visto a popularização de programas de qualidade no Brasil. Uma das razões para baixa aplicação é que a implantação e aplicação do LPS e do *Kanban* exigem uma grande integração entre todos os setores da companhia, muito comprometimento de todos os envolvidos, com capacitação e engajamento de liderança e trabalhadores, e como foi visto, pela própria característica do setor, em que há muita rotatividade, subcontratação (“empreitos”), muita variabilidade no processo, e a própria cultura do imediatismo dificulta atingir esses requisitos. Ballard (2000) afirma que o ambiente dinâmico e o sistema de produção incerto e variável do setor da construção dificulta a elaboração com antecedência de um planejamento confiável e detalhado com antecedência. Além disso, a aplicação das técnicas na maior parte das empresas fica isolada a setores específicos, o que impossibilita a aplicação correta das mesmas. Conclui-se então, que há uma defasagem entre o estado atual do planejamento e controle encontrado nas empresas estudadas e o levantamento bibliográfico realizado, o que torna evidente a necessidade de uma melhor integração entre a academia e a indústria da construção civil para a eliminação dos hiatos encontrados.

Foi possível verificar que as Reuniões Diárias são a prática mais utilizada entre as pesquisadas, embora seja aplicada muitas vezes de maneira informal e sem conhecimento absoluto da sua função. É uma prática simples, fácil de ser introduzida, e além da discussão das metas diárias, as empresas também a utilizam para passar informações relacionadas a saúde e segurança aos trabalhadores, complementar as conhecidas DSSs. Como afirmado em Sarhan *et al.* (2017), a frequência de reuniões permite maior integração ao projeto, evitando erros de comunicação.

O trabalho padronizado também é outra prática bastante utilizada, o que corrobora com a pesquisa do CNI (2019). Em seguida, tem-se o *Just-in-Time* e o BIM. O *Just-in-Time*, já é bastante difundido no setor da produção, e justamente pela natureza do setor, do curto prazo, só se produz sob demanda. O BIM é uma prática já bastante difundida e procurada na Construção Civil, possui amplo material teórico, como visto em Ferreira, Fiuza e Oliveira (2020), e integra a rotina das construtoras através da adoção de softwares como o SIENGE e o Eberick, que já possuem os princípios da prática integrados a suas interfaces. Ainda está aplicado de maneira

isolada nas empresas da região, nichado ao setor de projetos das construtoras, quando existente.

Segundo a sondagem do CNI (2019), o uso de forma completa das técnicas predomina entre as grandes empresas, situação que é observada na amostra local. Porém na sondagem, mesmo entre as grandes a quantidade de técnicas aplicadas é baixa, o que não se repetiu neste estudo, em que a maioria das construtoras estudadas aplica mais de três técnicas. Ressalta-se que as grandes empresas, justamente por seu porte, possuem mais colaboradores, com diferentes conhecimentos e experiências, e também mais investimentos em capacitação e tecnologia, o que acaba proporcionando maior organização e um planejamento mais estruturado, o que reflete a situação exposta na bibliografia e também observada em campo. Quanto a análise setorial, a comparação é um pouco forçada (uma vez que não se utilizou a mesma classificação da sondagem), mas observa-se tanto em CNI (2019) quanto na amostra que as construtoras com foco na construção pesada/industrial aparentam possuir maior infraestrutura, o que para os autores é explicado por suas atividades se caracterizarem por processos de produção mais complexos que exigem maior atenção a gestão.

Destaca-se que embora todas as construtoras utilizem pelo menos uma ferramenta e que praticamente todos conheçam a filosofia *Lean Construction*, quando questionadas em relação aos fatores que levaram a adoção das ferramentas e práticas, cinco construtoras responderam que não adotam, o que não faria sentido se houvesse reconhecimento da ferramenta/prática dentro do *Lean*, reforçando mais uma vez o observado por Fiuza e Ferreira (2021) e na sondagem do CNI (2019), sobre a aplicação intuitiva e isolada. A impressão é que, independentemente do que é dito pelo entrevistado, as práticas são realizadas sem conhecimento adequado.

Os entrevistados, mesmo aqueles que aplicam poucas práticas, reconhecem os benefícios da adoção das práticas e ferramentas do *Lean*, como o aumento da produtividade, a redução de desperdícios/perdas ou melhoria da segurança e da ergonomia do trabalhador, como é feito na associação das reuniões diárias com os DSSs, resultados significativos, uma vez que o setor é conhecido pela baixa produtividade e alto desperdício. No entanto, sendo a maioria composta por construtoras jovens e de pequeno porte, apontam como principal barreira na adoção das práticas da LC, a falta de conhecimento das ferramentas, que é o que é retratado

neste estudo de caso. Outro motivo citado por mais de uma empresa é a Resistência dos gerentes e/ou diretores à mudança e o Alto custo de consultoria e/ou implantação. É interessante notar que como associam a adoção do LC a um processo custoso, justamente pela falta de conhecimento, há sempre uma justificativa para a não adoção por parte de diretores. Investe-se em tecnologia, mas as mudanças na cultura da empresa não ocorrem, e são gerados funcionários “apertadores de botões”. A empresa G, sendo a única de grande porte e conseqüente melhor infraestrutura, cita a resistência dos trabalhadores a mudança, a semelhança do resultado setorial do CNI (2019), em que esta barreira é a segunda mais citada no nicho das grandes construtoras.

Conclui-se então, a partir dos estudos de casos, que apesar do crescimento do setor da construção na região, a gestão e o planejamento ainda são incipientes nas construtoras, caracterizadas principalmente por micro e pequena empresas no setor residencial, carecendo de metodologia estruturada, se apoiando na experiência e conhecimento de gestores jovens. No entanto, fica claro que há um grande potencial para mudanças, uma vez que todas as empresas conhecem a maior parte das práticas do LC e utilizam pelo menos uma das pesquisadas, sendo as mais utilizadas as reuniões Diárias e o Trabalho Padronizado, e há reconhecimento dos benefícios trazidos por sua aplicação. Falta conhecimento e capacitação, mas há busca por inovações e melhoria contínua, gerando um grande potencial de crescimento. Assim, pode-se dizer que a pesquisa alcançou seus objetivos.

5.3. Limitações e Sugestões Futuras

Por fim, como limitação deste trabalho, remete-se a dificuldade inicial no levantamento das construtoras presentes na região, uma vez que não há uma base de dados pública, e a informação foi considerada sigilosa pelas organizações as quais as empresas estão associadas. A lista foi elaborada pela autora através da consulta de contratos junto a prefeitura e da associação comercial da cidade, busca que somada com as dificuldades do coronavírus e o isolamento social durante a realização da pesquisa de campo causou atrasos na execução dos estudos de caso. Outro fator foi o engajamento das empresas participantes, o desinteresse e a recusa dificultaram muitas vezes a coleta de dados. Além do coronavírus, que impede um contato mais presencial, nota-se a desconfiança das construtoras em fornecer informações, visto que a cidade não tem histórico de universidades nem pesquisa acadêmica. Apesar disso, a amostra objeto pode ser considerada representativa das empresas da região e oferece uma visão geral do cenário existente.

Este estudo replica o já realizado para outras localidades e também em âmbito nacional, embora ainda possa ser realizado de maneira mais aprofundada. Isto posto, sugere-se, a título de trabalhos futuros, o aprofundamento do presente tema; propondo o desenvolvimento de um modelo para aplicação da filosofia da Construção Enxuta, especialmente focado em micro e pequenas empresas, que é maior parcela do setor, que proporcione de maneira simples um melhor entendimento, capacitação e treinamento de funcionários e gestores, em semelhança dos programas de qualidade que são encontrados no mercado. É preciso desmitificar a visão que é necessário um alto investimento em consultoria para sua implantação e há interesse das construtoras em investir na filosofia e nos profissionais que já possuem a capacitação.

Ainda neste aspecto, pode-se propor uma investigação densa das barreiras e oportunidades para uma adequada implantação das práticas enxutas nas empresas, analisando sobre possíveis influências do porte e setor onde a construtora se encaixa, para o melhor desenvolvimento de estratégias.

Especialmente para o cenário regional, propõe-se realizar uma análise de possíveis pontos de melhorias dentro das construtoras, e apresentar ferramentas que possam otimizar os processos a curto prazo, utilizando a filosofia LC.

Por fim, para trabalhos futuros, a realização de estudo quantitativo das vantagens e desvantagens da aplicação das técnicas e práticas da LC, com o comparativo dos custos de processos e apuração do retorno financeiro obtido com a implementação das mudanças recomendadas, aferindo possíveis ganhos, embora as empresas tenham se pronunciado positivamente a esse respeito. Assim, promover a disseminação das práticas e ferramentas da LC, divulgando benefícios embasados em dados mensuráveis.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **Lean construction: filosofia e metodologias**. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construções) - Universidade do Porto, Porto.
- ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de; AVELINO, Luciana de Lira; ARAÚJO, Vanessa da Silva. Compatibilização entre o planejamento e o controle no processo de execução de obras de edificações verticais: um estudo multicaso na cidade de João Pessoa. **HOLOS**, [S.l.], v. 8, p. 72-80, 2018. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/6901>>. Acesso em: 16 fev. 2022. doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2018.6901>.
- AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria: Engineering Journal**, v. 52, n. 4, p. 679-695, 2013.
- BABALOLA, Oluwatosin; IBEM, Eziyi O.; EZEMA, Isidore C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v.148, p. 34-43, 2019.
- BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas; EN-NADI, Abdelali. The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites. **International Journal of Engineering Research in Africa. Trans** v. 33, p. 179-193, 2017.
- BAJJOU, Mohamed S.; CHAFI, Anas; EN-NADI, Abdelali. Development of a conceptual framework of lean construction Principles: an input–output model. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 18, n. 1, p. 1-34, 2019.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. Implementing lean construction: improving downstream performance. **Lean construction**, p. 111-125, 1997.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. Shielding Production from Uncertainty: First Step in na Improvement Strategy. In: **Encuentro Nacional de Profesionales de Project Management**. Santiago, Chile, 1996.
- BALLARD, Herman Glenn. **The last planner system of production control**. 2000. Tese (Doutorado em Filosofia) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham.
- BASTOS, Bernardo Campbell; CHAVES, Carlos Chaves. **Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma Empresa do Setor Automotivo**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Taubaté.
- BERNARDES, Maurício M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- BERTELSEN, Sven; KOSKELA, Lauri. Construction beyond lean: a new understanding of construction management. In: **Conference in the International Grop for Lean Construction**. Dinamarca, 2004.

BORGES, Juliana Ferreira Barbosa. Gestão de projetos na construção civil. **Goiânia: Revista Especialize On-line Ipog**, v. 1, n. 5, p. 1-16, 2013.

BORGES, Malu Lima Cerqueira. **A aplicação da filosofia Lean Construction em empresas baianas: um estudo comparativo com o cenário brasileiro**. 2018. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

BORGES, Thyago de Melo Duarte. **Princípios da construção enxuta no processo de planejamento de uma construtora de grande porte de Natal (RN)**. 2015. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BRYMAN, Alan. Research methods and organization studies. **London: Unwin Hyman**, 1989.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Banco de Dados**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>>. Acesso em: 10 set. 2020.

CAMARGO FILHO, Carlos Augusto Bouhid de. **LCAT: ferramenta de avaliação da implementação da construção enxuta**. 2017. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

CÂMERA, Elaine. **Lean construction como estratégia para melhorias em canteiros de obras: uma revisão sistemática na literatura nacional**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia.

CARVAJAL-ARANGO, David *et al.* Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 234, p. 1322-1337, 2019.

CASTRO, Ana Paula Garcia Reis; GUEDES, Eduardo Emanuel Vieira; TROMBINI, Jéssica. **Aplicação da Metodologia Lean Construction: estudo de caso em uma empresa de blocos no sul de Minas Gerais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Centro Universitário do Sul de Minas.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Sondagem especial**. Ano 19, n. 72 – Brasília: CNI, 2019. Disponível em: <<https://fiea.org.br/public/documentos/72-sondespecial-producaoenxutanaindustriadaconstrucaobrasileira-abril2019.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Sondagem especial**. Ano 12, n. 6 – Brasília: CNI, 2021. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/4a/6c/4a6c066a-ae87-4a5b-a796-2a3c0be0e841/sondagemindustriadaconstrucao_junho2021_v2.pdf>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: **Encontro de Tecnologia de Informação e comunicação na construção civil**, v. 3, 2007.

DAVE, Bhargav *et al.* Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. **Automation in construction**, v. 61, p. 86-97, 2016.

DE FILIPPI, Giancarlo Azevedo. **Método para planejamento da produção e gestão de prazos de empreendimentos imobiliários**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo.

DE OLIVEIRA, Marcos Lucas *et al.* Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria-RS. **Revista ESPACIOS**, v. 37, n. 21, p. 17, 2016.

FELIPE, Vítor *et al.* Aplicação da Filosofia Lean Construction no Processo Produtivo de uma Empresa do Setor de Construção Civil. **Exacta**, v. 15, n. 4, p. 77-89, 2017.

FERREIRA, Karine Araújo; FIUZA, Gabriela Costa Pinto; OLIVEIRA, Paula Cristine Leal. Uma revisão sistemática sobre ferramentas e técnicas adotadas na construção enxuta. In: **XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2020.

FIUZA, Gabriela Costa Pinto; FERREIRA, Karine Araújo. Gestão das construções com foco na construção enxuta: estudo de casos em construtoras do interior de minas gerais. **Exacta**, 2021.

FORMOSO, Carlos Torres *et al.* Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. **Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP**, 1999.

FORMOSO, Carlos. T. Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos. Núcleo orientado para Inovação da Edificação. **Porto Alegre: UFRGS**, 2009.

FRANCIS, Ann; THOMAS, Albert. Integrating lean construction and sustainability via a system dynamics framework. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)**, Dublin, Ireland, 2019.

GONZÁLEZ, Vicente A. *et al.* LEBSO: Lean-based simulation game for construction management classrooms. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 141, n. 4, p. 04015002, 2015.

GUIMARÃES, Leonardo de Aragão; GUIMARÃES, Cristine Ramos. Utilização da construção enxuta no planejamento e controle de obras na construção civil. In: **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP**, 2016.

HALPIN, Daniel; WOODHEAD, Ronald. Administração Da Construção Civil. 2º Edição. **LTC**, 2004.

IBGE. **Demografia das Empresas**, 2015. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101151.pdf>>. Acesso em 07 de fevereiro de 2022.

INNELLA, Filomena; ARASHPOUR, Mehrdad; BAI, Yu. Lean methodologies and techniques for modular construction: chronological and critical review. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145(12), p. 04019076, 2019.

ISATTO, Eduardo L., *et al.* Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. **Porto Alegre: SEBRAE-RS**, 2000.

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. **Stanford: Stanford University**, 1992.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 408 p. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Technical Research Center of Finland, Helsinki, Finlândia.

KOSKELA, Lauri; HOWELL, Greg. The theory of project management: Explanation to novel methods. In: **Proceedings IGLC**. 2002. p. 1-11.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing – A edição do Novo Milênio**. 10ª Edição. São Paulo, Ed. Prentice Hall, 2000.

KUDSK, Anders *et al.* Modularization in the construction industry using a top-down approach. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 7, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, Bruno Barbosa *et al.* Jogos didáticos para ensino de linha de balanço na Engenharia Civil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Muda, Mura, Muri - Tipos Atividades que Geram Desperdícios**. 2014. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/conceitos/78/muda,-mura,-muri---tipos-atividades-que-geram-desperdicios.aspx>>. Acesso em 17 de novembro de 2019.

LIMA, Glêdson Pereira *et al.* Projeto e planejamento de canteiro de obras no Brasil: Uma revisão sobre as boas práticas e ferramentas utilizadas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 55110918407, 2021.

LI, Shuquan, *et al.* A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 846-851, 2017.

LORENZON, Itamar Aparecido; MARTINS, Roberto Antonio. Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction. In: **Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP**, v. 13, p. 01-10, 2006.

LOPES, Anderson Brunheira *et al.* Business Intelligence para apoio à gestão na construção civil: uma revisão sistemática da literatura. **AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento**, v. 9, n. 1, p. 74-84, 2020.

MAGALHÃES, Rachel Madeira; MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello. Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro. **Gestão & Produção**, v. 25, p. 44-55, 2018.

MAIA, Laura Costa; ALVES, Anabela Carvalho; LEÃO, Celina Pinto. Preparation of a textile and clothing company to lean implementation by identifying ergonomic and environmental risks. In: **International Conference on Integrity, Reliability and Failure**, Funchal/Madeira, Portugal. 2013.

MARHANI, Mohd Arif *et al.* Sustainability through lean construction approach: A literature review. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 101, p. 90-99, 2013.

MELO, Maury; DESCHAMPS, Fernando; DA COSTA, Sergio E. Gouvea. Aplicação da construção enxuta – Uma análise sistemática da literatura Application of Lean. **Journal of Lean Systems**, v. 2, n. 3, p. 02-21, 2017.

MEMON, Aftab Hameed, *et al.* Adoptability of lean construction techniques in Pakistan's construction industry. **Civil Engineering Journal**, v. 4, n. 10, p. 2328-2337, 2018.

MOREIRA, Sónia Patrícia da Silva. **Aplicação das Ferramentas Lean**. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.

MORETTI, C. E. **Crise - o momento ideal para a implantação do Lean**. Jun. 2015. Disponível em: < <http://grupolean.com.br/assets/crise---o-momento-ideal-para-a-implantacao-do-lean.pdf>>. Acesso em: 06 fev.2019.

MOURA, Camila Borges. **Avaliação do impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MOURA, Roberta Elaine Lima; RUZENE, Denise Santos; SILVA, Daniel Pereira. O just in time como método de planejamento e controle: uma revisão bibliográfica. In: **Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, IX SIMPROD**, v. 4, n. 1, p. 552-558, 2017.

NARITA, Taynara Takami *et al.* Comparison of PERT/CPM and CCPM Methods in Project Time Management. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 16, n. 3, p. 1, 2021.

NASCIMENTO, Francisco Amadeu Monteiro do. **Modelo de seleção de fornecedores na construção de parques eólicos utilizando o FITradeoff e a técnica de linha de balanço**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco.

NAZARENO, Ricardo Renovat. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistema de produção enxuta**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, USP, São Carlos, SP, 2003.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Brookman: Porto Alegre, 1997.

PICCHI, Flávio Augusto. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003.

RAMOS, Daniel de Carvalho. **Análise do Lean Construction como possível ferramenta de introdução à certificação sustentável na construção civil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

RIBEIRO, Virgílio. Logística, Sistema Toyota de Produção e suas implicações na construção civil. **Appris**, 2015.

ROJAS-LÓPEZ, Miguel David; HENAO-GRAJALES, Mariana; VALENCIA-CORRALES, María Elena. Lean construction LC bajo pensamiento Lean. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, v. 16, n. 30, p. 115-128, 2017.

SALGUEIRO, Gonçalo Nuno. **Aplicação de ferramentas para melhorar o processo produtivo numa empresa do sector automóvel**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal.

SANTOS, Scheirla Teixeira; PEREIRA, Tábata Fernandes; SANTOS, Ana Carolina Oliveira. A Teoria das Restrições Aplicada no Setor Público: Uma Revisão da Literatura. **Exacta**, 2021.

SARHAN, Jamil Ghazi, *et al.* Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction Economics and Building**, v. 17, n. 1, p. 46-69, 2017.

SEBRAE. **Cenários e projeções estratégicas: construção civil**. 2016. Disponível em: <http://www.sebraemercados.com.br/cenarios-do-setor-de-construcao-civil-no-brasil-em-2018/> Acesso em: 10 set. 2018.

SEBRAE. **Dicas para as empresas de construção civil enfrentarem a crise**. 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/dicas-para-as-empresas-de-construcao-civil-enfrentarem-a- crise,c7bbd49be41e1710VgnVCM1000004c00210aRCRD/> Acesso em: 31 jul. 2021.

SILVA, Cícera Adailza Mourão da *et al.* Gestão da qualidade na construção civil: Análise do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no habitat em Juazeiro do Norte, Ceará. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020.

SILVA, Leila Macedo, *et al.* Construção enxuta e seus benefícios para a construção Civil em tempos de crise. **Engenharia civil: Inovação e Sustentabilidade**, p. 43. Poisson. Belo Horizonte, 2020.

SINGH, Subhav; KUMAR, Kaushal. A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 12, n. 1, p. 1153-1162, 2021.

SOUTO FILHO, Jose Ari Povoas. Aplicação dos Princípios e Práticas da Construção Enxuta em Obras de Edificações: Avaliação e Sugestões. **2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, CE.**

SOUZA, Bruno Almeida. **Planejamento da implantação de sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco segundo a visão da construção enxuta**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFS, Sergipe, AL.

TOMMELEIN, Iris D.; BALLARD, Glenn. Look-ahead planning: screening and pulling. In: **Proceedings of the Second International Seminar on Lean Construction**. 1997, São Paulo.

VIEIRA, Hélio Flavio. Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras. **São Paulo: Pini**, 2006.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. **Nova Iorque: Free Press**, 2003.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. A Máquina que mudou o Mundo. 5ª Edição. **Rio de Janeiro: Elsevier**, 2004.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. The machine that changed the world. 1990. **New York: Rawson Associates**, 1990.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2º Edição. **Porto Alegre: Bookman**, 2001.

ZHANG, Lianying; CHEN, Xi. Role of lean tools in supporting knowledge creation and performance in lean construction. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1267-1274, 2016.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Questionário de Entrevista

Questionário de Entrevista

Entrevistado: _____ Setor: _____

PARTE A – PERFIL DO RESPONDENTE E DA ORGANIZAÇÃO

1. Qual é a sua posição na organização? Marcar um x.

- | | |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Proprietário/acionista | <input type="checkbox"/> Arquiteto |
| <input type="checkbox"/> Gerente de contrato | <input type="checkbox"/> Gerente de projeto |
| <input type="checkbox"/> Engenheiro | <input type="checkbox"/> Gerente regional |
| <input type="checkbox"/> Diretor/gerente geral | <input type="checkbox"/> Professor/pesquisador |
| <input type="checkbox"/> Gerente/técnico de qualidade | <input type="checkbox"/> Outros |

2. Qual é seu tempo de experiência profissional (anos)? Marcar um x.

- 0-5
- 6-10
- 11-15
- 16-20
- Mais de 20

3. Qual é seu grau de escolaridade? Marcar um x.
- () Ensino médio
- () Superior
4. Qual é o porte da sua organização (número de funcionários da empresa ou aproximado):
- Funcionários diretos: _____
- Funcionários indiretos: _____
5. Qual o ano de fundação da sua empresa? _____ Tempo de operação? _____
6. Qual a área de atuação?
- () Lagoa da Prata e região
- () Minas Gerais
- () Brasil
- () Brasil e exterior
7. Qual é a área de operação da sua empresa? Marcar um x.
- () **Construção Industrial** (Indústrias siderúrgicas, indústrias manufatureiras pesadas,...)
- () **Construção Pesada** (Barragens, túneis, pontes, estradas, usinas de tratamento de água,...)
- () **Construções Residenciais** (Residências unifamiliares, residências multifamiliares, edifícios de apartamentos, condomínios,...)
- () **Construção de Edifícios não residenciais** (Escolas, universidades, hospitais, edifícios comerciais e escritórios, depósitos,...)
8. Em relação a questão anterior, poderia fornecer o percentual de atuação em cada uma das operações? (Caso tenha mais de uma área de atuação).

Construção Industrial: _____

Construção Pesada: _____

Construção Residenciais: _____

Construção de Edifícios: _____

PARTE B – GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

9. Descreva abaixo os principais métodos e técnicas adotados para Gestão das Construções na sua empresa.

10. Descreva abaixo as principais tecnologias adotadas no auxílio da Gestão das Construções na sua empresa.

11. Já ouviu falar na filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta)?

() Sim

() Não

12. Marque as opções em relação ao tratamento de perdas na sua empresa.

() A empresa sempre identifica as perdas e avalia os custos

() A empresa identifica as perdas, mas não avalia os custos

() A empresa nunca identificou as perdas e avaliou os custos.

() A empresa passou a identificar as perdas e avaliar os custos após a adoção do *Lean Construction* (se houver)

PARTE C – FERRAMENTAS E TÉCNICAS DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

13. Sobre as 10 técnicas e ferramentas descritas a seguir, assinale a opção mais adequada:

Técnicas e Ferramentas	Não conhece	Conhece, mas não usa	Usa de forma isolada em partes da empresa	Usa em toda a empresa
Last Planner System (LPS): mecanismo para transformar o que deve ser feito no que pode ser feito com base na capacidade de realiza-los, incorporando a abordagem “puxar”. Forma um inventário de trabalho pronto, a partir do qual os Planos de Trabalho Semanais podem ser estipulados, a curto prazo.	()	()	()	()
BIM: cria modelos computacionais contendo geometria e dados precisos necessários para apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada.	()	()	()	()
Cinco S (5S): cinco conceitos para melhorar o ambiente de trabalho: utilização, organização, limpeza, padronização e autodisciplina.	()	()	()	()
Mapeamento de fluxo de valor: visualização gráfica do fluxo e dos processos do início ao fim.	()	()	()	()
Poka-Yoke (Sistema a Prova de Falhas): mecanismo que auxilia trabalhadores a evitar erros (montagem incorreta, escolha de peça errada, etc.), buscando zero defeitos.	()	()	()	()
Gestão Visual: práticas comuns como a utilização de quadros digitais, sinais de segurança, painéis gráficos e outros indicadores de desempenho.	()	()	()	()
Just in Time (JIT): redução de estoques, adquirindo produtos somente na hora e na quantidade necessária.	()	()	()	()
Kanban: ferramenta de controle visual, que autoriza o início da produção ou a retirada de itens do sistema produtivo e garante que o sistema produza somente o necessário, na hora e na quantidade necessária.	()	()	()	()
Trabalho Padronizado: padronização de atividades ou procedimentos dos trabalhadores em um processo de produção.	()	()	()	()
Reuniões diárias com a equipe: reuniões diárias com o objetivo de envolvimento dos funcionários.	()	()	()	()

14. Além das ferramentas e práticas citadas acima, há alguma outra não citada que gostaria de mencionar? Descreva abaixo.

15. Quais são os principais fatores que levaram a adoção das ferramentas e técnicas de construção enxuta pela sua empresa? (Pode marcar mais de um item)

- () Não adota ferramentas e técnicas de manufatura enxuta
- () Aumentar a produtividade
- () Reduzir desperdício, defeitos e retrabalhos. Por exemplo, reduzir consumo de material em excesso, reduzir descartes, reduzir tempo morto, etc.

- Aumentar a qualidade de produtos e serviços
- Melhorar a segurança e ergonomia do trabalhador
- Outras empresas (concorrentes, fornecedores, clientes) adotaram
- Aumentar a flexibilidade de produção
- Estabilidade do processo produtivo
- Outro. Especifique: _____

16. Quais as principais barreiras para adoção das ferramentas e técnicas da construção enxuta? (Pode marcar mais itens)

- Não há barreiras para adoção das ferramentas e técnicas de manufatura enxuta
- Falta de conhecimento das ferramentas e técnicas
- Alto custo de consultoria e/ou implantação
- Falta de capacitação da gerência para implementar as técnicas
- Falta de qualificação dos trabalhadores para implementar as técnicas
- Resistência dos trabalhadores à mudança
- Resistência dos gerentes e/ou diretores à mudança
- Alta rotatividade de trabalhadores e/ou gerentes
- Outro. Especifique: _____

PARTE D – CONSTRUÇÃO ENXUTA

Caso a empresa adote os princípios da filosofia da Construção Enxuta (e não apenas algumas ferramentas), responda as questões abaixo:

17. Há quanto tempo a empresa adota a Construção Enxuta?

18. Quais são os princípios da Construção Enxuta utilizados pela empresa?

- () Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor
- () Reduzir a variabilidade
- () Reduzir o tempo de ciclo
- () Eliminar atividades de fluxo
- () Aumentar o valor do produto ofertado ao cliente pela redução de atividade que não agregam valor a obra
- () Aumentar a flexibilidade de saída
- () Fazer benchmarking
- () Manter um equilíbrio entre melhorias dos fluxos e nas conversões
- () Focar o controle no processo global
- () Aumentar a transparência do processo
- () Introduzir a melhoria contínua no processo

Muito obrigada pela participação!

