



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Civil

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS DE PEQUENO PORTE

Orientador: Prof. Joseph Salem Barbar

Aluno: Matheus Augusto de Freitas Silva

Uberlândia/MG

2018

MATHEUS AUGUSTO DE FREITAS SILVA

**VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS DE
PEQUENO PORTE**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Uberlândia para a obtenção
do Título de Graduação de Engenharia
Civil.

Orientador: Professor Joseph Salem Barbar

Uberlândia

2018

RESUMO

SILVA, M. A. –Viabilidade da Construção Enxuta em Obras de Pequeno Porte. Trabalho de Conclusão de Curso –Faculdade de Engenharia Civil – UFU, 2018.

Este trabalho apresenta uma análise da aplicação do conceito do *Lean Construction* em obras de construção civil de pequeno porte, mostrando as principais ferramentas do conceito e as que mais se adequam a tais obras. Essa aplicação visa a redução do desperdício de tempo, materiais e mão de obra ao decorrer de uma obra, buscando maiores lucros e melhor qualidade ao final do projeto. Porém é válido saber a viabilidade de mudar todo um processo convencional, considerando todo o treinamento e recursos necessários que exigem a construção enxuta, principalmente em obras de pequeno porte, onde na maioria das vezes os recursos são limitados.

A metodologia do trabalho consistiu na aplicação de um questionário para avaliar a viabilidade da aplicação da construção enxuta em obras de pequeno porte.

Palavras-Chave: Construção Enxuta, Construção Civil, Obras de Pequeno Porte.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the application of the concept of Lean Construction in small civil construction works, showing the main tools of the concept and the ones that best fit those works. This application aims to reduce the waste of time, materials and labor during a work, seeking greater profits and better quality at the end of the project. But it is worth knowing the feasibility of changing a whole conventional process, putting into account all the necessary training and resources that require lean construction, especially in small works, where most of the time resources are limited.

The methodology of the work consisted of the application of a questionnaire to evaluate the feasibility of the application of lean construction in small works.

Keywords: Lean Construction, Civil Construction, Small-scale Construction.

Termo de Aprovação

Matheus Augusto de Freitas Silva

**VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS DE PEQUENO
PORTE**

Uberlândia, 17 de Julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joseph Salem Barbar

Prof. Maria Cláudia de Freitas Salomão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comparação do PIB nacional com o PIB da construção civil.	12
Figura 2- Fluxo de implementação da produção enxuta.	19
Figura 3- Programa 5S.....	22
Figura 4- Canteiro de obras enxuto.	24
Figura 5- Canteiro de obras desorganizado.	25
Figura 6- Ciclo PDCA.	26
Figura 7- Quadro Kanban para controle de estoque.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise de atividade.	27
Tabela 2- Informações dos profissionais entrevistados.	32
Tabela 3- Aplicação do Sistema 5S.	33
Tabela 4- Aplicação do arranjo físico.	34
Tabela 5- Aplicação do método do operador polivalente.	35
Tabela 6 - Aplicação do Kaizen/Melhoria de atividades e controle visual do processo. ...	36
Tabela 7 - Aplicação do Kanban.	37
Tabela 8- Aplicação do Método do Fluxo de Valor (MFV).	39

SUMÁRIO

1.	Introdução e justificativa.....	10
2.	Objetivo.....	11
3.	Revisão Bibliográfica.....	11
3.1.	Construção Civil.....	11
3.2.	A Indústria da Construção Civil.....	11
3.2.1.	O Projeto	14
3.2.2.	Gestão.....	14
3.2.3.	Execução	15
3.2.4.	Desperdício.....	15
3.3.	Conceito <i>Lean</i>	16
3.4.	<i>Lean Contruction</i>	19
3.4.1.	Os Princípios da Construção Enxuta.....	20
3.4.2.	Ferramentas adaptadas da Produção Enxuta para Construção Enxuta.....	21
3.4.2.1.	Sistema 5S	22
3.4.2.2.	Arranjo Físico.....	23
3.4.2.3.	Operador Polivalente.....	25
3.4.2.4.	<i>Kaizen</i> /Melhoria de atividades e controle visual do processo.....	25
3.4.2.5.	<i>Kanban</i>	27
3.4.2.6.	Mapa de Fluxo de valor.....	29
3.5.	Obras de pequeno porte.....	29
4.	Método de Trabalho	31
5.	Resultados	32
5.1.	Aplicação do Sistema 5S.....	33
5.2.	Aplicação do arranjo físico	34
5.3.	Aplicação do método do operador polivalente.....	35
5.4.	Aplicação do <i>Kaizen</i> /Melhoria de atividades e controle visual do processo.....	36
5.5.	Aplicação do <i>Kanban</i>	37
5.6.	Aplicação do Método do Fluxo de Valor (MFV).....	38
6.	Conclusão.....	40
	Referências	41
	ANEXO A.....	44

1. Introdução e justificativa

O setor da construção civil influencia diretamente a economia de um país pela criação de postos de trabalho de forma direta e indireta. Um aspecto relevante do setor da construção civil é sua heterogeneidade, pois é composta por diferentes serviços, com atividades tecnológicas variadas, atendendo a diferentes tipos de demanda (AMORIM, 1995; MELLO, 2007). O setor vem passando por sucessivas mudanças ao longo dos últimos anos, o que tem exigido do mesmo uma maior mobilidade em busca do aumento da eficiência dos seus processos, para atender às necessidades de clientes cada vez mais exigentes (LEWIS, 2000). Nesse contexto, destaca-se a metodologia Lean (enxuto) que consiste na aplicação somente de recursos necessários à realização de um determinado trabalho, etapa ou processo evitando desperdícios. A possibilidade de se modelar as ferramentas *Lean* para diferentes ambientes, seguindo a linha maior do conceito, traz inúmeras possibilidades de melhorias de processos e nível de serviço para diversos setores do mercado.

Os primeiros estudos baseados na oportunidade de se introduzir com sucesso o conceito e as técnicas *Lean* na construção civil foram realizados por Koskela (1992). Surgiu então o conceito *Lean Construction* (Construção enxuta), desenvolvido para a gestão dos processos envolvidos no setor, adaptando o *Lean Thinking* (Pensamento enxuto) às suas características.

Existem inúmeras oportunidades de aplicação da construção enxuta, porém, nos projetos de longa duração, o grande número de pessoas com baixo nível de instrução e as diferentes especificações a cada projeto, são algumas das dificuldades encontradas. Assim, a construção enxuta procura driblar estes obstáculos, concentrando as forças no planejamento para se obter uma execução mais organizada, controlada, que evite desperdícios e gere resultados satisfatórios.

A implementação de um sistema de grandes proporções exige tempo, investimento e especialização. Estas exigências fazem com que pequenos empreendimentos encontrem problemas técnicos e financeiros que devem ser minimizadas para que se consiga atingir os objetivos e obter ganhos consideráveis. Sendo assim, em obras menores nem sempre se têm os recursos e técnicas disponíveis para que se consiga

aplicar o Lean Construction de maneira adequada e obter os resultados desse sistema.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade de aplicação do Lean Construction em obras de construção civil de pequeno porte na cidade de Uberlândia-MG.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Construção Civil

Desde o princípio da civilização, o trabalho já faz parte do cotidiano do homem, sendo que no início, era uma a forma de sobrevivência buscando alimentos e também proteção. A prova disso são os antigos utensílios encontrados e alguns elementos da natureza transformados utilizados em benefício próprio. Com o tempo, surgiu a necessidade de abrigo e proteção, que na maioria das vezes podia ser construído com uso dos meios e elementos da natureza existentes a sua volta. Foi assim que surgiram as primeiras obras de engenharia, mesmo que ainda rudimentares feitas através da experimentação, e da evolução do conhecimento leigo que o homem desenvolveu, transformando os recursos da natureza a seu favor de variadas formas para diversos fins.

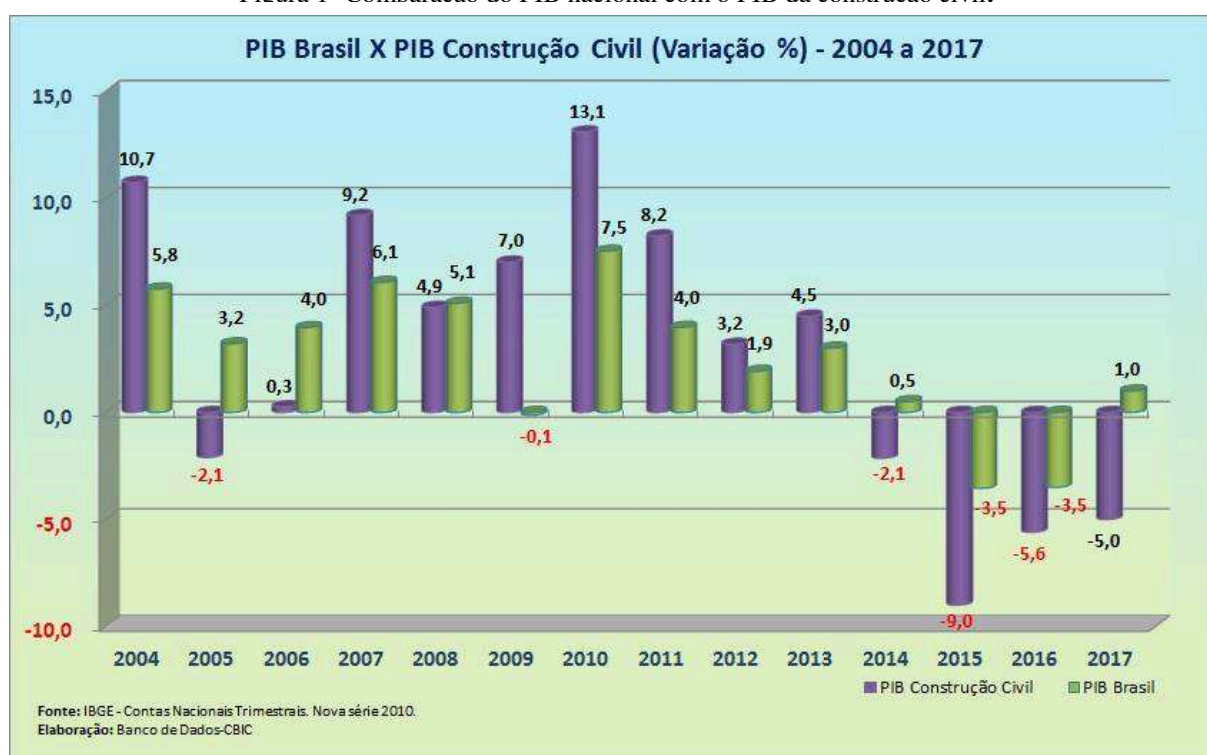
Durante muitos anos de experiência e a conquista do conhecimento científico da matemática, física e química, o ser humano passou a conhecer as características dos materiais, as possibilidades do seu uso, as leis físicas e as equações necessárias da matemática. Com a aplicação dessas ciências surgiu a engenharia civil com o propósito de estudar e desenvolver técnicas e conhecimentos no sentido de atender as necessidades de habitação, saneamento, transportes, etc (INOVARSE, 2015). Para atender essas necessidades foram criadas empresas voltadas para execução de “obras de engenharia”. Estas empresas deram origem ao setor da Construção Civil.

3.2. A Indústria da Construção Civil

Segundo classificação do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017), a Construção Civil é um setor da indústria indutor natural do panorama econômico

brasileiro. Para uma melhor visualização da importância deste setor na economia nacional basta observar a sua participação no PIB (Produto Interno Bruto) que era de 5,4% em 1970 e atingiu o nível de 10,26% em 1998 e subiu para 13,2% em 2001 (GAZETA MERCANTIL, 2002). A partir de 2004 a participação no PIB teve uma série de altos e baixos, como mostra a Figura 1, onde é possível observar que, na maioria das vezes, o PIB da construção civil acompanhou o PIB nacional, as vezes até crescendo mais que o mesmo.

Figura 1- Comparação do PIB nacional com o PIB da construção civil.



Fonte: CBIC (2018).

Levando-se em consideração outros indicadores como, por exemplo, volume de produção, capital circulante, empregos gerados e utilidade do produto, a importância da construção civil fica ainda mais evidente, o que não impede que o setor enfrente inúmeros problemas. Mudanças nos processos envolvidos na construção civil ocorrem de forma lenta, o que deve tanto a fatores culturais, quanto a fatores tecnológicos e mercadológicos. Essa situação também é agravada pela busca do resultado imediato em detrimento de uma consistente política de produção que vise resultados a médio e longo prazo, comprometendo assim os objetivos inicialmente estabelecidos e acabando por culminar na perda do estímulo inicial, no momento em que uma mudança em qualquer um dos seus níveis esteja sendo implantada (ABEPRO, 2003).

Outra característica marcante do setor da construção civil é o elevado percentual de desperdício (cerca de 30%), registrado por meio de alguns indicadores disponíveis. Existem também elevados níveis de patologias registradas nas edificações, além de uma produtividade de menos da metade praticada nos países desenvolvidos (ABEPRO, 2003). Uma opção para acabar com esses problemas seria a aplicação do conceito *Lean* na construção civil, buscando aperfeiçoar os processos desde a fabricação de materiais até a execução final de um projeto.

Segundo Koskela (1992) os problemas existentes na construção civil são bem notórios e conhecidos: as condições de trabalho são ruins, existe uma escassez de força trabalhista em muitos países, tudo isso, agregado a mão de obra pouco qualificada existente, trazendo grandes problemas e uma baixa qualidade aos produtos finais gerados.

Em seu trabalho Messeguer (1991 apud Kurek, 2005), mostra algumas características que levam a um crescimento limitado desse setor:

- Caráter nômade, produtos únicos e produção centralizada;
- Indústria tradicional, resistência à mudanças;
- Mão de obra pouco qualificada, baixa motivação no trabalho, possibilidades de promoção quase inexistentes;
- Especificações complexas e confusas;
- Quadro de responsabilidades mal definido;
- Baixo grau de precisão.

Alves (2001) cita que a Construção Civil, apesar de ser um setor altamente absorvedor de mão de obra, conta com grande número de pequenas e médias empresas, muitas dessas de frágil organização.

O complexo processo produtivo que envolve uma obra traz consigo inúmeros intervenientes, ao contrário da maioria das indústrias. Mesenguer (1991) define os principais intervenientes do processo construtivo, ressaltando que esses intervenientes participam de muitos setores com diferentes funções, gerando grande número de interfaces, definidas pelo autor como zonas de vulnerabilidade para a qualidade. Tais intervenientes são: o promotor da obra, o projetista, os fabricantes de materiais, o construtor, o empreiteiro, a empresa de gerenciamento, proprietário, os laboratórios, as

organizações de controle, a segurança na construção, a forma de contratação, a formação dos profissionais, e outros. Aspectos importantes devem ser considerados para o sucesso na aplicação do Lean Construction, destacando-se o projeto, gestão, execução e desperdício.

3.2.1. O Projeto

Quando se pretende construir, o processo inicia com a definição do produto. Para tanto é feita uma pesquisa e elaborado um projeto arquitetônico. O projeto arquitetônico constitui-se na “espinha dorsal” do projeto da edificação. Após a aprovação do produto, outros projetos complementares deverão ser desenvolvidos, bem como a descrição de todos os elementos constituintes da edificação através do memorial descritivo. Os projetos complementares são geralmente contratados com profissionais diferentes, sendo desenvolvidos de forma individual, sem troca de informações. Tal fato gera, muitas vezes, incompatibilidades no momento da execução que força soluções alternativas decididas no canteiro de obras. Esta situação retrata uma condição comum nas obras de engenharia atualmente. Assim, um projeto mal concebido implicará em efeitos danosos sobre a totalidade da edificação, na execução, nos custos, na manutenção do edifício e, conseqüentemente, na sua vida útil.

3.2.2. Gestão

Segundo Howell (1999), a forma corrente de gerenciar a execução das obras de construção é otimizar o projeto, atividade por atividade. Cada etapa do processo é tratada em separado. Após definir-se uma solução para cada parte, reúnem-se tudo em uma sequência lógica definindo-se prazos e ordens. Estabelece-se quase sempre um “caminho crítico”, e o empreendimento passa a ser monitorado através do controle de muitos contratos individuais. O foco está nas atividades. Nessa forma de produção as pessoas estão habituadas a pensar que otimizando ações individuais se consegue a melhoria do todo. Tal formato lógico de gerenciar as obras tem origem no sistema tradicional de orçamento que divide o empreendimento em seus elementos constituintes e atribui os custos para cada um. A partir daí, eles são administrados individualmente, tendo um *input* determinado no orçamento e dessa forma acredita-se que o somatório das partes

individuais integra o todo, ou seja, gerenciando cada parte individualmente gerencia-se o todo.

3.2.3. Execução

Os responsáveis pela execução, atuam como espécie de bombeiros, sempre apagando incêndios. Essa é uma expressão comum usada para designar que os mesmos nunca estão envolvidos com planejamento, reprogramações, ou seja, gerenciando efetivamente, mas estão quase sempre resolvendo imprevistos. Passam a agir como tocadores de obra, solucionando questões que têm sua origem, muitas vezes, na má qualidade dos projetos e planejamento. A introdução da informática e suas ferramentas nas obras ofereceram uma possibilidade de melhoria, no sentido de agilizar o fluxo de informações. A divulgação de sistemas de qualidade, introduzindo a lógica de padronizações, também apareceu como elemento que oportunizou melhorias no processo de execução das obras. A grande questão é que, em geral, tais instrumentos, ferramentas, conceitos e métodos não são aproveitados de fato pelos profissionais envolvidos na construção. Ressalta-se a importância de mudança de crenças, valores e postura das pessoas nos processos produtivos.

3.2.4. Desperdício

Santos et al. (2000) observa que “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e equipamentos em quantidade superiores àquelas necessárias à produção da edificação” são perdas. De uma forma ampla podemos averiguar a procedência das perdas a partir dos projetos, sem a intenção de apresentar números representativos das perdas, mas apenas de discutir o fato em si, sua ocorrência e ter ideia da ordem de grandeza, concebida de forma ampla e tida como dado presente na realidade do setor.

Estudos recentes, desenvolvidos na Escola Politécnica da USP, concluíram que as perdas de materiais na construção civil chegam a 8%, e as perdas financeiras, inclusive aquelas relativas a custos de retrabalhos, chegam a 30% do valor da obra.

3.3. Conceito *Lean*

O Sistema Toyota de Produção (TPS -Toyota Production System) é uma filosofia de gerenciamento desenvolvida por Taiichi Onno, em 1988. O sistema procura otimizar a produção de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização.

O objetivo principal da Toyota passou a ser a produção de muitos modelos de automóveis em pequenas quantidades e somente quando solicitados, pois assim seriam evitados gastos antecipados e, também, a produção de produtos que os consumidores talvez nem quisessem. Para tanto, foi preciso aumentar a eficiência da produção e, consequentemente, eliminar todo tipo de desperdício. Taiichi Onno, em sua filosofia, destacou sete tipos de desperdício:

- **Excesso de produção:** o excesso causa a utilização de recursos e materiais que não trarão retorno para a indústria em sua totalidade, além de gastar tempo, energia e, as vezes, local para armazenagem dos produtos. Para evita esse problema, o ideal é produzir de acordo com a demanda, evitando desperdícios e a possível geração de estoques.
- **Esperas:** essa espera está relacionada com o tempo que o funcionário gasta à espera de alguma matéria prima ou peça, por exemplo. Esse problema impede a produção contínua e rápida, que é um dos fundamentos *Lean*, e na maioria das vezes é causado por falta de planejamento ou por algum acidente na produção
- **Transporte e movimentações:** é necessário fazer um planejamento e definir um *layout* adequado, buscando, por exemplo, manter a proximidade entre os recursos físicos e os materiais utilizados na produção. Assim, é possível evitar deslocamentos desnecessários e agilizar a produção.
- **Processamento desnecessário:** consiste em ações que não precisam ser feitas para produzir algo, como por exemplo, conferir uma mercadoria que já foi conferida

anteriormente. A forma de combater esse erro é buscar a automatização dos processos e capacitar os colaboradores, evitando retrabalhos e outros processos desnecessários na produção.

- **Estoques:** este desperdício está diretamente ligado ao excesso de produção, pois a geração de um estoque acontece quando a produção não está alinhada com a demanda. Além de indicar a falta de giro de capital, a formação de um estoque pode causar a danificação dos produtos estocados e gerando a necessidade de um retrabalho.
- **Correção:** o último desperdício identificado por Taiichi Onno, consiste na falha durante a produção, que tem como principal causa a falta de preparo da mão de obra ou a falta de manutenção nas máquinas. Esse é o desperdício mais comum na maioria dos processos de produção, e é importante corrigi-lo para evitar o retrabalho e atrasos.

O TPS (Toyota Production System) tem sido mais recentemente, referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”. A produção “enxuta” (do original em inglês “lean”) é um termo criado para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa.

Esse termo teve origem através de James Womack e Daniel Jones (1998) em sua obra. A partir de então, tem sido utilizada mundialmente para referir-se ao sistema de gestão que objetiva a geração de valor por meio da eliminação de desperdícios (NUNES, 2010). Womack e Jones (1998, apud Lyra da Silva, 2005) desenvolveram cinco princípios para o pensamento enxuto, com o objetivo de eliminar as perdas nas organizações, sendo estes descritos abaixo:

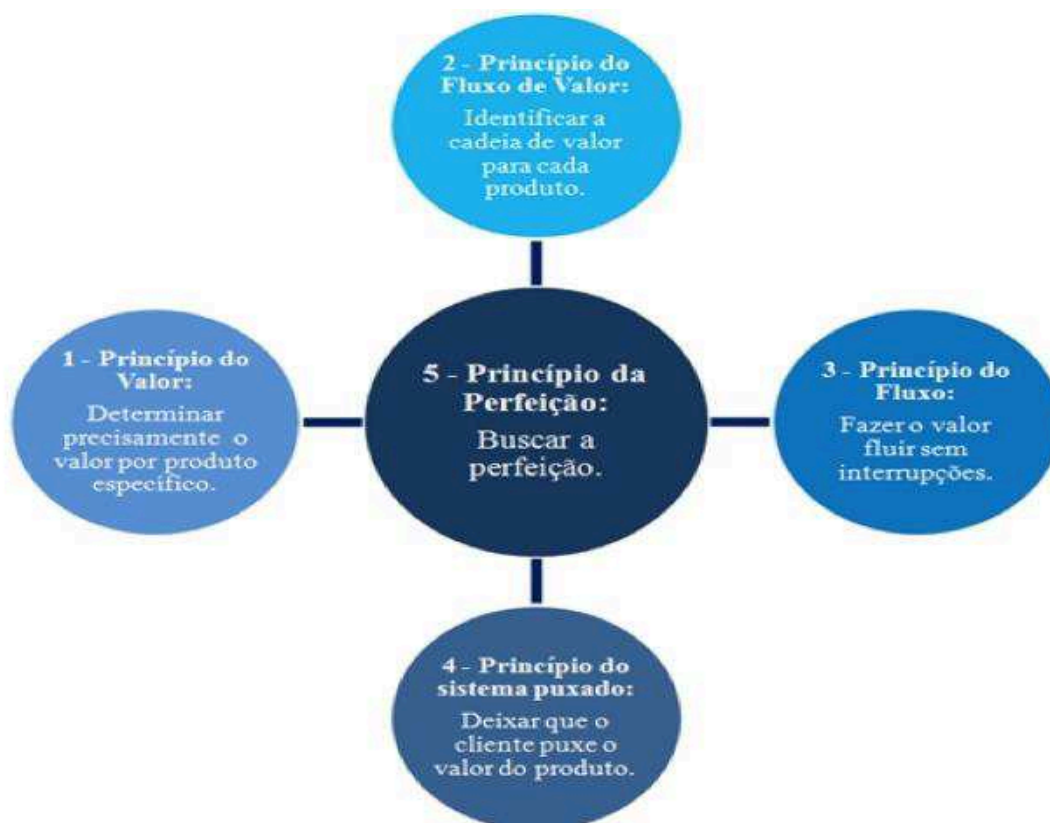
- **Criação de Valor:** consiste nas características perceptíveis ao cliente, que cada produto ou serviço proporciona. São essas características que fazem a diferença no momento da decisão do cliente em adquiri-los pois o cliente analisará o preço e esforço que fará para adquirir o bem/serviço e características inerentes. Quanto maior o valor percebido pelo cliente maior será a satisfação do mesmo e deste

modo a fidelidade será crescente.

- **Definição da cadeia de valor:** É preciso enxergar as atividades da empresa como uma cadeia, e não como pontos individuais de transformação. Para isso, deve-se ter 3 preocupações principais: com a identificação do problema e o desenvolvimento do produto que vai ser oferecido; com a gestão do pedido até sua entrega (gerenciamento de informações); e com a transformação física da matéria- prima até o produto acabado.
- **Criação de um fluxo contínuo:** Deve-se definir um fluxo ininterrupto das atividades produtivas, de maneira a eliminar as atividades que não agregam valor, e que acabam gerando desperdício. Dessa maneira consegue-se reduzir os insumos, custos, espaço e tempo.
- **Estabelecimento de uma Produção Puxada:** A produção deve atender a demanda do mercado, ou seja, ser puxada pelo cliente. Assim, será produzido apenas o que será solicitado, podendo ser atendidas as especificações pedidas pelos clientes.
- **Busca à perfeição:** Obtendo-se sucesso com os princípios anteriores, é almejada a satisfação do cliente, adequando da melhor forma o produto a suas necessidades. Autores relatam que o maior impulso a obtenção da perfeição é a transparência, que permite a todos ver todas as etapas, podendo os envolvidos cooperarem com ideias que ajudem todo o processo.

É possível observar que os princípios criados por Womack e Jones (1998) buscam eliminar o desperdício desenvolvendo um fluxo contínuo de valor por toda cadeia produtiva, alcançando a perfeição em satisfazer os desejos do cliente (LYRA DA SILVA, 2005) (Figura 2).

Figura 2- Fluxo de implementação da produção enxuta.



Fonte: Adaptado de Trentin (2018).

3.4. Lean Contruction

A atividade produtiva da construção de empreendimentos possui uma série de peculiaridades que, combinadas ao paradigma de produção tradicionalmente utilizado pelas empresas do subsetor, apresentam uma série de ineficiências. Como resultado dessas ineficiências, a construção de empreendimentos ficou muito conhecida devido aos altos índices de desperdícios, resultando em altos custos, baixa qualidade dos produtos e baixa capacidade de inovação. Na tentativa de reverter à situação, a partir dos anos 80 começaram a ser introduzidas na construção uma série de técnicas e ferramentas de gestão. O objetivo principal a ser alcançado com essas técnicas e ferramentas de gestão visava à eliminação dos desperdícios encontrados no processo produtivo, que eram vistos como a principal fonte de ineficiência da construção. Como os desperdícios eram

entendidos como sinônimo de entulhos ou restos de materiais que sobravam ao final da obra, a sua visão se restringia às perdas visíveis e facilmente mensuráveis, sendo que uma obra sem entulhos era vista como uma obra sem desperdícios e, portanto eficiente. De acordo com Isatto (2000), devido a essa visão restrita dos desperdícios – de acordo com o paradigma de transformação ou conversão – as tentativas de reduzi-los não tiveram o êxito esperado.

Nesse sentido, a partir dos anos 90, pesquisadores começaram a introduzir na construção uma nova concepção de desperdícios, que passa a ser compreendido como toda atividade realizada pela empresa que absorve recursos, mas não agrega valor, ou seja, não é percebida pelo cliente, utilizada pela Produção Enxuta.

3.4.1. Os Princípios da Construção Enxuta

A gestão de processos na construção fundamentada no sistema *Lean* diferencia-se das práticas tradicionais, pois resulta em um conjunto de objetivos claros para o processo de entrega, aumento do desempenho do projeto em vista do cliente, concepção simultânea de produtos e procedimentos e controle de produção durante a vida do projeto (HOWELL, 1999).

Koskela (1992) tenta resumir o *Lean Construction* em 11 princípios:

- Eliminação de desperdícios – atividades que não agregam valor;
- Busca por agregar valor ao produto final, através de um conhecimento dos requisitos do cliente;
- Padronização de processos e produtos, uma vez que a variabilidade dos mesmos gera um tempo maior para adaptação dos equipamentos;
- Reduzir o tempo de ciclos através de uma centralização da hierarquia organizacional;
- Eliminação de procedimentos desnecessários – simplificação da produção;
- Desenvolvimento de uma equipe multifuncional, para que se tenha uma flexibilidade da produção;
- Transparência dos processos para que se possa ter um melhor gerenciamento do projeto por parte dos responsáveis;

- Estabelecimento de um controle geral do processo, em busca da otimização do fluxo de trabalho, por meio de equipes autônomas e de um planejamento de longo prazo com os fornecedores;
- Redução dos desperdícios, em paralelo à introdução de atividades que agreguem valor ao produto final;
- Sinergia entre os processos de conservação e melhorias de fluxo, uma vez que um fluxo melhorado impacta em menor investimento em equipamento;
- Análise SWOT da empresa, que é uma ferramenta utilizada para fazer análise de cenário, sendo usada como base para gestão e planejamento estratégico de uma corporação ou empresa.

Bertelsen e Koskela (2004) consideram o desperdício muito frequente na construção, onde as tarefas são iniciadas sem que todos os recursos estejam disponíveis, de maneira que sua realização prossegue sem estes elementos. Denominaram este desperdício “*making-do*”.

Existem outros problemas encontrados pelos projetistas na hora de elaborar um projeto, que giram em torno de quatro principais obstáculos: tempo, formação dos colaboradores (principalmente em obras com baixa disponibilidade de recursos físicos e financeiros), organização e autocrítica. É certo considerar que a problemática está relacionada com a aplicação dos conceitos do *Lean Thinking* à construção civil. Se faz necessário então, a adaptação dos ideais do pensamento enxuto, para que seja possível a aplicação do *Lean Construction*.

3.4.2. Ferramentas adaptadas da Produção Enxuta para Construção Enxuta

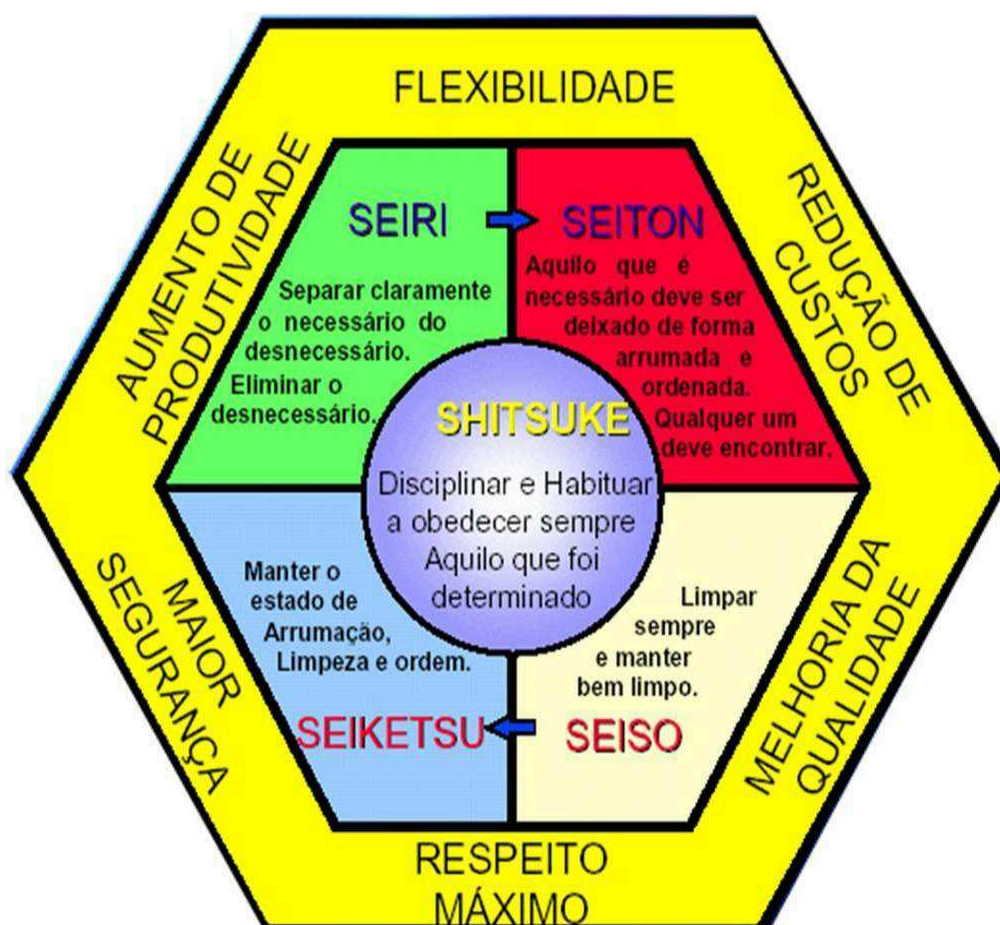
Para ajudar na aplicação dos conceitos enxutos na construção civil, é necessário adaptar as ferramentas do *Lean Thinking*, para facilitar a implementação. Visando a objetividade, foram escolhidas as mais citadas na literatura e consideradas aplicáveis ao setor da construção civil. Estas ferramentas foram selecionadas devido ao fácil entendimento e aplicação para área da construção civil. As mesmas se encaixam de uma forma adequada aos canteiros de obra, diferentemente de outras que são melhor aplicáveis para a indústria em geral. Abaixo está a seleção de ferramentas para esse estudo:

- Sistema 5S
- Arranjo Físico
- Operador Polivalente
- *Kaizen*/Melhoria de atividades e controle visual do processo
- *Kanban*
- Mapa de fluxo de valor.

3.4.2.1. Sistema 5S

O sistema 5S foi criado no Japão e é a sigla de cinco palavras japonesas que representam os sentidos de utilização, organização, limpeza, padronização e autodisciplina. A ferramenta busca a ordem através da organização, onde as coisas devem estar nos lugares devidos e devem possuir um lugar. O sistema 5S deve ser implementado seguindo uma metodologia mostrada na Figura 3.

Figura 3- Programa 5S.



Fonte: Decoralita (2018).

No senso de utilização (SEIRI), o primeiro deles, devem ser separados os objetos úteis daqueles que não são utilizados, e deve ser especificada uma data para eliminação dos objetos parados. Todos os objetos (documentos e ferramentas também) que não estão sendo utilizados devem ser marcados com etiquetas indicando a quem pertencem, a quantidade, o motivo da etiquetagem e a data a ser eliminado.

O senso de organização (SEITON), classifica todos os objetos úteis. Informações como a quem pertence, onde pertence e quantos são. Segundo Pascal (2008), a organização deve garantir que qualquer pessoa possa encontrar qualquer coisa em qualquer momento e situações que ocorram fora do padrão sejam evidenciadas a todos.

O senso de limpeza (SEISO) se relaciona com a moral dos trabalhadores. Um local de aspecto limpo e bem organizado melhora o nível de satisfação e de rendimento no trabalho. Nesse sentido, devem ser bem definidas as responsabilidades e os horários de limpeza (PASCAL, 2008).

A padronização (SEIKETSU) é o processo de manutenção do que fora feito nos três primeiros passos. A equipe deve estar acostumada com a utilização dos outros sentidos iniciais.

O último senso (SHITSUKE) está ligado à promoção e divulgação do programa 5S. Responsáveis por disseminar e cuidar do programa devem ser treinados dentro de cada equipe, para garantir a funcionalidade do mesmo.

3.4.2.2. Arranjo Físico

O arranjo físico significa organizar ou dispor os vários recursos produtivos como máquinas, equipamentos, instalações e pessoal, utilizados para produção de um bem ou serviço. Existem alguns tipos de arranjo físico: Posicional, Funcional, Celular e por produto. Cada um leva em consideração o tipo de processo (PISKE, 2008). Para a construção civil, os mais interessantes são o arranjo físico celular e o arranjo físico posicional.

O arranjo físico celular é o agrupamento de peças ou produtos em grupos que tem características em comum e utilizam os mesmos recursos de produção. Dessa forma, torna-se mais simples e fácil a programação da produção, movimentação de materiais e o

controle (MIYAKE, 2002 apud FILHO, 2011).

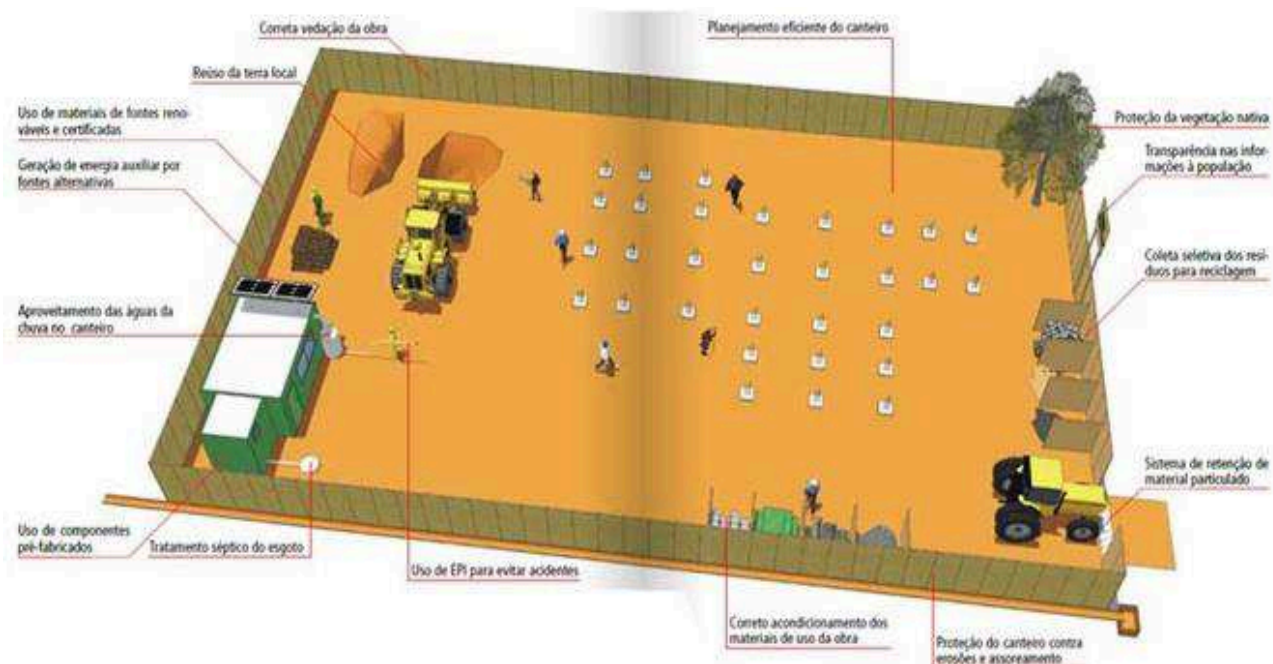
O arranjo físico posicional traz as estações de trabalho próximas ao produto que será transformado; nesse arranjo vê-se que o produto final não se move, e sim a matéria-prima, como é o caso da construção de uma casa, produção de concreto, entre outros serviços.

Para a construção civil, o arranjo físico, seria fazer o *layout* do canteiro de obra, o qual ajuda a manter a organização, rapidez e qualidade dos processos. Segundo Filho (2011), a elaboração do *layout* do canteiro traz alguns benefícios, como por exemplo, a diminuição do percurso entre postos de trabalho, eliminando o desperdício do tempo em decorrência desse percurso. Sendo que o desenvolvimento do mesmo envolve um estudo das várias etapas da obra, sendo assim, pode mudar conforme o decorrer dos processos.

Para a elaboração do *layout* do canteiro deve-se levar em consideração alguns aspectos importantes como a economia de movimento, o fluxo progressivo, a flexibilidade e integração, o uso do espaço físico disponível e necessário, a satisfação e a segurança.

Na Figura 4 temos o exemplo de um layout de canteiro de obras enxuto, enquanto a Figura 5 mostra um canteiro de obras sem planejamento.

Figura 4- Canteiro de obras enxuto.



Fonte: Construdeia (2018).

Figura 5- Canteiro de obras desorganizado.



Fonte: Espacios (2018).

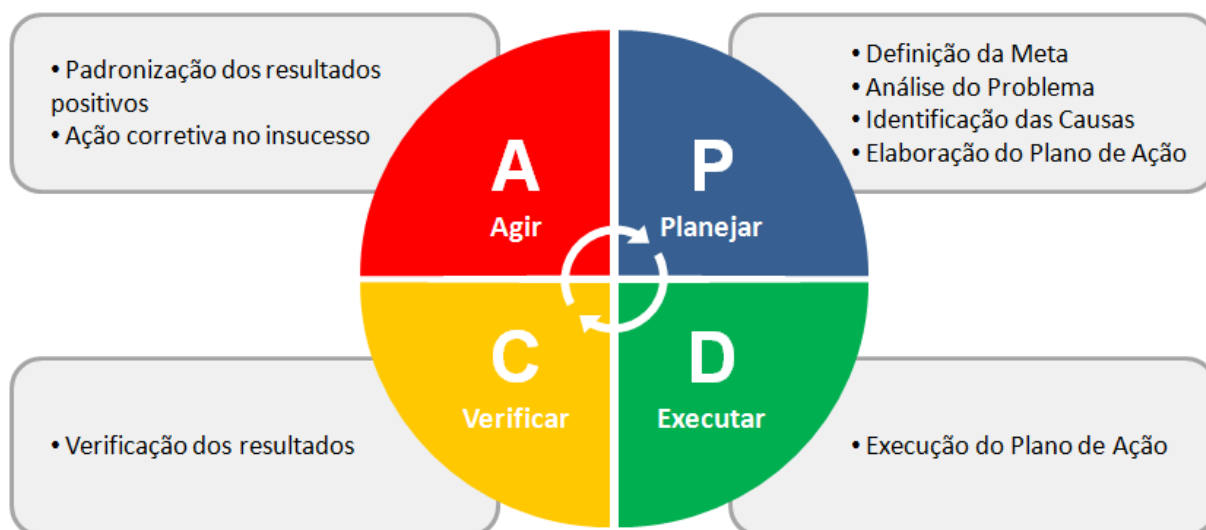
3.4.2.3. Operador Polivalente

Essa ferramenta consiste em capacitar os operadores a executar várias tarefas, ao invés de se especializar o operador em apenas uma tarefa específica, restringindo o trabalho do mesmo, ou seja, o *Lean Construction* emprega trabalhadores multiqualificados em todos os níveis da organização (WOMACK E JONES, 1998).

3.4.2.4. *Kaizen*/Melhoria de atividades e controle visual do processo

Segundo Ghinato (2000), *Kaizen* é a melhoria contínua de uma atividade, ou seja, determina onde estão as perdas ou as falhas do processo, e foca na eliminação dessas falhas, de tal forma a evitar desperdícios e agregar valor ao produto ou atividade. Esta ferramenta funciona com um contínuo monitoramento dos processos, o qual pode ser feito através do ciclo PDCA (*Plan - Do - Check - Act*), mostrado na Figura 6, que garante uma observação dos erros e possíveis melhorias, ou seja, padronização de melhores soluções, tudo isso sem grandes investimentos. É de grande importância para esta ferramenta a utilização da padronização dos processos, pois só assim se pode qualificar o processo de forma sólida e consistente (GHINATO, 2000).

Figura 6- Ciclo PDCA.



Fonte: CCPR (2018).

O controle visual consiste em expor problemas, ações, metas e níveis de desempenho de todo o processo, ou seja; apresentar resultados parciais em murais onde todos possam visualizar e acompanhar o processo, onde assim, permite-se a rápida e clara imagem do andamento da produção e torna o gerenciamento do sistema mais ágil (WOMACK E JONES, 1998).

Para a construção civil, essa ferramenta é interessante, já que a maioria dos processos e serviços são artesanais, precisando assim manter um nível de produção e a qualidade final dos produtos e serviços. Algumas maneiras de aplicar essa ferramenta é a elaboração de listas de verificação, ou *check-lists*. Outra é a exibição do desempenho da produção ou equipe, onde pode-se abordar metas e melhorias para os próximos serviços.

A tabela 1 mostra um exemplo de *check-list*, onde as atividades devem ser classificadas entre atividades que agregam valor (o cliente paga por elas), atividades que não agregam valor, mas não podem ser totalmente eliminadas (ex: um operador segura uma barra para que outro operador possa realizar a solda) e atividades que não agregam valor e são simplesmente desperdício.

Tabela 1- Análise de atividade.

Elementos	Estaca	Processo	Dobra dos estribos				DATA:	
Videos:	04. Dobra dos estribos							
Item	Elemento	Inicio	Fim	Tempo Atual (Segundos)	AV	Desperdicio Oculto	Desperdicio Aparente	Check
1	Posicionamento da barra nº1	00:00:00	00:00:02	00:00:02	1			1
2	Operacionamento da maquina de dobra, barra nº1	00:00:02	00:00:12	00:00:10	1			1
3	Posicionar chave de barra p/ auxilio da maquina, barra nº1	00:00:12	00:00:46	00:00:34	1			1
4	Afrouxar estribos da maquina de dobra, barra nº1 com auxilio de chave de barra	00:00:46	00:01:00	00:00:14		1		1
5	Retirar estribos da maquina de dobra barra nº1	00:01:00	00:01:05	00:00:05		1		1
6	Posicionamento da barra nº2	00:01:05	00:01:19	00:00:14	1			1
7	Operacionamento da maquina de dobra, barra nº2	00:01:19	00:01:24	00:00:05	1			1
8	Posicionar chave de barra p/ auxilio da maquina, barra nº2	00:01:24	00:02:07	00:00:43	1			1
9	Afrouxar estribos da maquina de dobra, barra nº2 com auxilio de chave de barra	00:02:07	00:02:17	00:00:10		1		1
10	Retirar estribos da maquina de dobra, barra nº2	00:02:17	00:02:20	00:00:03		1		1

Fonte: Steinbock (2011).

3.4.2.5. Kanban

O *Kanban* é uma ferramenta a qual consiste em utilizar cartões que registram a liberação de um serviço ou a retirada de materiais que serão utilizados (MOURA, 2007 apud CORREIA, 2007). De acordo com Correia (2007) o uso dessa ferramenta ajuda a movimentação de materiais e solicitação de serviços, a manutenção dos estoques, não deixando serviços parados por falta de materiais e também na continuidade do fluxo de serviços.

Segundo Molina (1995) os principais tipos de *kanban* são os seguintes:

- *Kanban* de ordem de Produção: determina o número e o tipo de produtos que o próximo processo deverá produzir.
- *Kanban* de movimentação ou requisição: determina a quantidade de produtos ou material que devem ser retirados de um processo anterior pelo processo posterior. Nenhum material ou produto, sem exceção, pode ser retirado e transportado sem estar acompanhado de seu cartão. Este cartão circula entre dois centros de produção.

- *Kanban* de fornecedor: este *kanban* é um *kanban* de requisição também, pois possui informações para o fornecedor entregar os produtos.

Segundo Molina (1995), o *kanban* por meio dos funcionários dá início ao processo de produção apenas quando houver necessidade, sendo que ele administra informações sobre os processos, produtos e estoques; avisando quando é necessário repor materiais e evitando o excesso. É um mecanismo simples de ser utilizado, e permite controle visual de todo o processo. A Figura 7 mostra um exemplo de um quadro de Kanban.

Figura 7- Quadro Kanban para controle de estoque.



Fonte: Lokmax (2018).

O sistema consiste basicamente de três tipos de cartões, sendo um verde, um amarelo e um vermelho. Os cartões podem ser colocados no almoxarifado em frente a caixas, gavetas, prateleiras, ou em áreas de estoque espalhadas pela obra e cada um tem um significado.

O cartão verde significa que o estoque ao ser consumido no tempo necessário para a fabricação/ compra do item se faz de modo normal sem preocupações. O Amarelo significa que o consumo está chegando em uma fase crítica e que a velocidade de reabastecimento está ficando abaixo do esperado e que pode ocorrer falta de produto. O cartão Vermelho significa que o consumo passou da velocidade normal de consumo e que se nada for feito faltará peças/ componentes para a fabricação/ montagem.

O treinamento dos funcionários é fundamental para o funcionamento completo do sistema de kanbans, pois os mesmos devem saber como agir diante das três situações mostradas (verde, amarelo e vermelho).

3.4.2.6. Mapa de Fluxo de valor

Segundo Rother e Shook (2003) fluxo de valor é uma ferramenta qualitativa que consiste em toda ação, que agrega valor ou não, necessária para realizar a transformação de um produto, desde a matéria-prima até o processo de entrega do produto ao consumidor final. Os autores propõem o mapeamento de cada atividade de todo um processo, por meio de elementos gráficos, onde possa se observar com clareza o que está acontecendo em cada etapa. Esse mapeamento é denominado de Mapa de fluxo de valor (MFV). Para tanto, são representados nesse mapa, os fornecedores, clientes, estoques, fluxo de informações, movimentação de materiais e todas as etapas do processamento do produto.

O MFV de um produto ajuda a visualizar todo o processo, possibilitando identificar desperdícios, ou seja, identificar as atividades que não estão agregando valor ao fluxo e ao produto final. Essa ferramenta ajuda na implementação de conceitos e técnicas enxutas, e mostra a relação existente entre o fluxo de informação e o fluxo de material. O passo final dessa ferramenta é elaborar e implementar um plano de ação que descreva o que deve e como deve ser melhorado para se alcançar um estado desejado, sendo que deve sempre haver uma melhoria contínua no nível do fluxo de valor (ROTHER E SHOOK, 2003).

3.5. Obras de pequeno porte

Existem vários tipos de classificações para obras de pequeno, médio e grande porte. Uma obra de pequeno porte pode ser definida pela quantidade de pavimentos, carga de uso, área construída, número de funcionários entre outros.

A ABNT, considera na norma NBR 9077, que edificações de até 6 metros de altura e com pavimentos com área de até 750 m², entra na classificação de obras de pequeno porte.

Segundo Libânio et al (2004), obras de pequeno porte possuem até quatro pavimentos, cargas de uso até 3Kn/m², altura de pilares até 4 metros e vão não excedendo

6 metros, vão máximo de lajes 4 metros ou 2 metros em caso de balanço. Neste trabalho, será considerado esta definição para obras de pequeno porte.

Para o estudo da viabilidade de aplicação do *Lean Construction* é necessário estudar e avaliar o cenário nas obras de pequeno porte, buscando entender a realidade dos profissionais atuantes neste segmento.

A indústria da construção civil, no geral, está baseada em um modelo de produção tradicional, onde podemos ver que os processos são ultrapassados, quando comparados a outros tipos de indústria. Esses processos são os maiores responsáveis pela improdutividade e desperdício gerados na obra, além disso, muitas vezes os materiais utilizados não vem dos mesmos fornecedores o que dificulta a padronização do produto final e indica uma falta de planejamento.

No caso das obras de pequeno porte existem vários obstáculos, que são criados devido ao baixo desenvolvimento do setor e a falta de investimento dos construtores. Porém, é possível ver uma grande oportunidade para melhoria dos processos e aumento da qualidade final da obra a ser entregue. Esse tipo de obra, na maioria das vezes, gerida por pequenas empresas e por isso, as decisões a serem tomadas ao longo de um projeto, geralmente são feitas pelo proprietário, que busca ter o maior lucro possível, deixa de lado alguns objetivos finais do projeto. Além disso, a administração dos projetos algumas vezes é feita pelo proprietário, que nem sempre possui os conhecimentos administrativos e técnicos necessários.

Outro obstáculo encontrado nesse setor é que na maioria das vezes, a mão-de-obra é contratada para apenas um projeto e nem sempre a equipe de funcionários é a mesma. Dessa maneira, a qualidade do trabalho é prejudicada pela falta de entrosamento entre os mesmos, e pelos diferentes métodos de trabalho. Na maioria das vezes os projetos possuem características diferentes, o que impede que a mão-de-obra esteja totalmente preparada para as solicitações dos projetos. Em muitos casos, o serviço é prestado por colaboradores desqualificados e sem treinamento. Além disso, em um cenário de obras de pequeno porte, os projetos muitas vezes possuem baixo orçamento, o que dificulta a contratação de uma mão-de-obra robusta. Isso implica em eventuais interrupções do projeto em função de restrição de verba, atrapalhando o cumprimento do cronograma inicial. Entretanto, é possível ver também alguns fatores que podem favorecer a aplicação da construção enxuta em obras de pequeno porte. É visível que pequenas empresas

possuem uma estrutura de mais fácil acesso, o que torna mais fácil e rápido a realização de mudanças, sem se deparar com muita burocracia. Empresas menores possuem maior flexibilidade para se adaptarem às mudanças nos seus processos. Outro fator que pode ajudar é a proximidade entre os funcionários. Por ter um quadro de funcionários reduzido, o contato e interação entre os mesmos se tornam constantes, o que torna mais fácil a disseminação de uma nova ideia.

4. Método de Trabalho

A primeira etapa do projeto consistiu de um trabalho de revisão bibliográfica, reunindo conceitos e ferramentas relacionados ao Lean Thinking e ao Lean Construction, consultados em artigos, teses, dissertações e na internet.

Nessa etapa foram selecionadas informações pertinentes ao tema e entendimento das mesmas, de forma a se obter uma base sólida favorável ao desenvolvimento das etapas seguintes.

A segunda etapa levantou informações sobre o cenário de obras de pequeno porte na cidade de Uberlândia - MG e suas particularidades, procurando entender suas necessidades e encontrar oportunidades de aplicação dos conceitos da construção enxuta.

A partir do conhecimento do conceito, das técnicas envolvidas, e do levantamento das oportunidades de melhoria no segmento, a fase prática consistiu na busca de profissionais que atuam em obras de pequeno porte para, através de um questionário com idéias de aplicação, verificar a viabilidade da Lean Construction em suas obras.

A etapa final consistiu na análise dos questionários preenchidos pelos construtores para avaliação da viabilidade de aplicação do Lean Construction em obras de construção civil de pequeno porte.

O método de pesquisa deste trabalho consistiu em buscar profissionais envolvidos na área de construção civil, para ter uma base prática da viabilidade de aplicação da construção enxuta em obras de pequeno porte. Foi feito um questionário contendo breves conceitos das ferramentas adaptadas do pensamento enxuto para a construção enxuta, mostradas no capítulo 4.5.2 deste trabalho. O Anexo A mostra o questionário apresentado aos profissionais. O mesmo é composto por três perguntas padrões para todas as ferramentas estudadas. As perguntas são:

- **Pergunta A:** Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios,

aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

- Pergunta B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

-Pergunta C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Foi colocado um campo de observação em cada ferramenta, no caso do profissional querer fazer algum comentário sobre o assunto.

O questionário foi respondido por quatro mestres de obra, três pedreiros, dois engenheiros, quatro construtores e dois estagiários, totalizando 15 profissionais, todos atuantes em obras de pequeno porte. A opção por mandar para diferentes classes do setor, buscou colher informações gerais e mais precisas sobre a dificuldade ou facilidade de aplicação de cada ferramenta do *LeanConstruction*. A tabela 2 mostra as funções dos profissionais que preencheram o questionário.

Tabela 2- Informações dos profissionais entrevistados.

Nome	Data de nascimento	Função
Profissional 1	15/09/1976	Pedreiro
Profissional 2	19/09/1979	Pedreiro
Profissional 3	17/06/1983	Pedreiro
Profissional 4	09/02/1977	Mestre de Obra
Profissional 5	14/08/1987	Mestre de Obra
Profissional 6	12/09/1975	Mestre de Obra
Profissional 7	25/07/1973	Mestre de Obra
Profissional 8	30/10/1977	Construtor
Profissional 9	12/06/1970	Construtor
Profissional 10	05/09/1970	Construtor
Profissional 11	22/07/1968	Construtor
Profissional 12	29/11/1983	Engenheiro
Profissional 13	24/10/1977	Engenheiro
Profissional 14	08/11/1995	Estagiário
Profissional 15	30/05/1995	Estagiário

Fonte: Autor (2018).

5. Resultados

As respostas obtidas nos questionários foram transferidas para tabelas para facilitar a comparação dos dados. Para cada ferramenta de aplicação da construção enxuta foi criada uma tabela que serão mostradas a seguir.

5.1. Aplicação do Sistema 5S

O sistema 5s, como visto no capítulo 4.5.2.1, é uma ferramenta que busca aumentar a produtividade através da organização. A tabela 3 mostra a possível aceitação dessa ferramenta pelos profissionais entrevistados.

Tabela 3- Aplicação do Sistema 5S.

Nome	Pergunta A ^A		Pergunta B ^B		Pergunta C ^C	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Profissional 1 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 2 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 3 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 4 (Mestre de Obras)	X		X			X
Profissional 5 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 6 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 7 (Mestre de Obra)	X		X			X
Profissional 8 (Construtor)	X		X			X
Profissional 9 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 10 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 11 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 12 (Engenheiro)	X		X			X
Profissional 13 (Engenheiro)	X		X			X
Profissional 14 (Estagiário)	X		X			X
Profissional 15 (Estagiário)	X		X			X
Total	15	0	15	0	5	10

Fonte: Autor (2018).

A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de

execução de uma obra?

B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

A tabela 3 mostra que todos concordaram que o Sistema 5S pode contribuir positivamente em uma obra de pequeno porte e que acham viável a aplicação do mesmo. Porém, é possível ver que o mesmo não está presente nas obras dos profissionais entrevistados. O Profissional 14, que acompanhou uma obra em etapa final e outra inicial, comentou que “no início de uma obra percebe que todos os colaboradores mostram um nível de organização satisfatório, mas com o tempo isso vai se perdendo e a desorganização fica visível”. O Profissional 11 ressaltou que sempre presou por limpeza e organização em suas obras e que isso faz grande diferença no tempo de conclusão de um projeto.

Através das respostas obtidas e comentários feitos, é possível notar que a aplicação desse método pode não estar presente em todas as obras mas não é uma ferramenta difícil de incluir na realidade atual.

5.2. Aplicação do arranjo físico

A tabela 4 mostra as respostas do questionário para aplicação do método do arranjo físico, que é uma melhor disposição dos equipamentos, ferramentas e materiais no canteiro de obra. Essa ferramenta visa reduzir o tempo de deslocamento dos funcionários na obra e diminuir o tempo gasto nesses deslocamentos.

Tabela 4- Aplicação do arranjo físico.

Nome	Pergunta A ^A		Pergunta B ^B		Pergunta C ^C	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Profissional 1 (Pedreiro)	X		X		X	
Profissional 2 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 3 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 4 (Mestre de Obras)	X		X			X
Profissional 5 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 6 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 7 (Mestre de Obra)	X		X			X
Profissional 8 (Construtor)	X		X			X

Profissional 9 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 10 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 11 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 12 (Engenheiro)	X		X		X	
Profissional 13 (Engenheiro)	X		X			X
Profissional 14 (Estagiário)	X		X			X
Profissional 15 (Estagiário)	X		X			X
Total	15	0	15	0	7	8

Fonte: Autor (2018).

A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Assim como no sistema 5S todos concordaram que um layout organizado no canteiro de obras, pode ajudar a melhorar o desempenho na obra e que vale a pena aplicar essa ferramenta em uma obra de pequeno porte. Novamente o Profissional 11 observou que, em suas obras, já busca fazer algo parecido ao começar a executar um projeto, e que nota que um canteiro de obras organizado faz uma grande diferença durante a execução.

Nota-se que mesmo todos concordando com a aplicação desse método, apenas sete dos quinze entrevistados presenciam um canteiro de obras organizado em suas obras.

5.3. Aplicação do método do operador polivalente

Essa ferramenta consiste em treinar a equipe para executar atividades diferenciadas e realizarem atividades de acordo com a necessidade. A tabela 5 mostra as respostas obtidas para esse método.

Tabela 5- Aplicação do método do operador polivalente.

Nome	Pergunta A ^A		Pergunta B ^B		Pergunta C ^C	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Profissional 1 (Pedreiro)		X		X	X	
Profissional 2 (Pedreiro)	X		X		X	
Profissional 3 (Pedreiro)	X		X		X	
Profissional 4 (Mestre de Obras)	X		X		X	
Profissional 5 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 6 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 7 (Mestre de Obra)		X		X	X	

Profissional 8 (Construtor)	X		X			X
Profissional 9 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 10 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 11 (Construtor)	X		X		X	
Profissional 12 (Engenheiro)	X		X		X	
Profissional 13 (Engenheiro)	X		X			X
Profissional 14 (Estagiário)	X		X		X	
Profissional 15 (Estagiário)	X		X		X	
Total	13	2	13	2	13	2

Fonte: Autor (2018).

A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Apenas dois profissionais não concordaram com a viabilidade de aplicação desse método. O Profissional 7 observou que não teve experiências positivas com funcionários que faziam várias funções, nas obras em que trabalhou. Ele alegou que muitas vezes, o profissional que executa várias atividades, acaba não fazendo todas com a mesma qualidade.

Através das respostas da pergunta C podemos ver que essa ferramenta já é realidade na maioria das obras.

5.4. Aplicação do Kaizen/Melhoria de atividades e controle visual do processo

Como visto no item 4.5.2.4, o *Kaizen* é a melhoria contínua de uma atividade, ou seja, determina onde estão as perdas ou as falhas do processo, e foca na eliminação dessas falhas, de tal forma a evitar desperdícios e agregar valor ao produto ou atividade. A tabela 6 mostra as repostas obtidas para essa ferramenta

Tabela 6 - Aplicação do Kaizen/Melhoria de atividades e controle visual do processo.

Nome	Pergunta A ^A		Pergunta B ^B		Pergunta C ^C	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Profissional 1 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 2 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 3 (Pedreiro)	X			X		X
Profissional 4 (Mestre de Obras)	X			X		X
Profissional 5 (Mestre de Obra)	X		X		X	
Profissional 6 (Mestre de Obra)	X		X		X	

Profissional 7 (Mestre de Obra)	X			X		X
Profissional 8 (Construtor)	X			X		X
Profissional 9 (Construtor)	X			X		X
Profissional 10 (Construtor)	X			X		X
Profissional 11 (Construtor)	X			X	X	
Profissional 12 (Engenheiro)	X			X	X	
Profissional 13 (Engenheiro)	X		X			X
Profissional 14 (Estagiário)	X		X			X
Profissional 15 (Estagiário)	X		X			X
Total	15	0	7	8	4	11

Fonte: Autor (2018).

A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Analisando a Tabela 6, é possível observar que a maioria dos profissionais acham viável a aplicação desse método, porém apenas quatro deles presenciam ou presenciaram esse processo nas obras. O Profissional 12 salientou que a aplicação do Kaizen poderia aumentar a qualidade de uma obra, porém a aplicação desse método estaria distante da realidade da construção civil, principalmente em obras de pequeno porte.

5.5. Aplicação do Kanban

Como visto anteriormente, o sistema consiste basicamente de três tipos de cartões, sendo um verde, um amarelo e um vermelho. O cartão verde significa que o estoque ao ser consumido no tempo necessário para a fabricação/ compra do item se faz de modo normal sem preocupações. O Amarelo significa que o consumo está chegando em uma fase crítica e que a velocidade de reabastecimento está ficando abaixo do esperado e que pode ocorrer falta de produto. O cartão Vermelho significa que o consumo passou da velocidade normal de consumo e que se nada for feito faltará peças/ componentes para a fabricação/montagem. A Tabela 7 mostra as respostas para a aplicação do Kanban.

Tabela 7 - Aplicação do Kanban.

Nome	Pergunta A ^A		Pergunta B ^B		Pergunta C ^C	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Profissional 1 (Pedreiro)		X		X		X
Profissional 2 (Pedreiro)		X		X		X

Profissional 3 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 4 (Mestre de Obras)	X		X			X
Profissional 5 (Mestre de Obra)		X		X		X
Profissional 6 (Mestre de Obra)	X		X			X
Profissional 7 (Mestre de Obra)		X		X		X
Profissional 8 (Construtor)		X		X		X
Profissional 9 (Construtor)		X		X		X
Profissional 10 (Construtor)		X		X		X
Profissional 11 (Construtor)	X		X			X
Profissional 12 (Engenheiro)	X			X		X
Profissional 13 (Engenheiro)	X		X			X
Profissional 14 (Estagiário)	X			X		X
Profissional 15 (Estagiário)	X		X			X
Total	8	7	6	9	0	15

Fonte: Autor (2018).

A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Podemos ver na tabela acima, que as opiniões sobre a viabilidade de aplicação do Kanban, ficaram divididas. O Profissional 12 observou que a ideia do Kanban é boa, porém não acha que seja viável sua aplicação em obras de pequeno porte. O Profissional 10 comentou que não valeria a pena aplicar esse método, pois exige um treinamento, e sua equipe está em constante rotatividade. Ele alegou que existem outros métodos de controle de estoque, que atendem perfeitamente o tipo de obra estudado. Podemos observar nas respostas da Pergunta C, que nenhum profissional entrevistado, já teve contato com essa ferramenta.

5.6. Aplicação do Método do Fluxo de Valor (MFV)

Essa ferramenta propõe o mapeamento de cada atividade de todo um processo, isso através de elementos gráficos, onde possa se observar com clareza o que está acontecendo em cada etapa. Para tanto, são representados nesse mapa, os fornecedores, clientes, estoques, fluxo de informações, movimentação de materiais e todas as etapas do processamento do produto. A tabela 8 mostra as respostas para esse método.

Tabela 8- Aplicação do Método do Fluxo de Valor (MFV).

Nome	Pergunta A ^A		Pergunta B ^B		Pergunta C ^C	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Profissional 1 (Pedreiro)	X			X		X
Profissional 2 (Pedreiro)	X			X		X
Profissional 3 (Pedreiro)	X		X			X
Profissional 4 (Mestre de Obras)	X		X			X
Profissional 5 (Mestre de Obra)	X			X		X
Profissional 6 (Mestre de Obra)	X		X			X
Profissional 7 (Mestre de Obra)	X			X		X
Profissional 8 (Construtor)	X			X		X
Profissional 9 (Construtor)	X			X		X
Profissional 10 (Construtor)	X			X		X
Profissional 11 (Construtor)	X		X			X
Profissional 12 (Engenheiro)	X			X		X
Profissional 13 (Engenheiro)	X			X		X
Profissional 14 (Estagiário)	X			X		X
Profissional 15 (Estagiário)	X		X			X
Total	15	0	5	10	0	15

Fonte: Autor (2018).

A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Os profissionais consultados não fizeram nenhuma observação sobre a aplicação do método do fluxo de valor.

6. Conclusão

Existe uma literatura ampla que abrange filosofia *Lean Thinking*, e é visível que este conceito oferece vários tipos de aplicações para melhorar a qualidade na construção civil. Porém o cenário em obras de pequeno porte impõe algumas barreiras, como o investimento reduzido e a falta de padronização, tornam difícil a adaptação do método.

As seis ferramentas escolhidas para estudo (Sistema 5s, Arranjo Físico, Operador Polivalente, Kaizen, Kanban e Mapa de Fluxo de Valor), foram adaptadas de modo a atender o setor de construção civil. No geral, ao realizar a pesquisa de campo com o uso dos questionários, foi possível ver grande interesse dos profissionais nas ideias apresentadas. Porém a maioria dos entrevistados mostraram pontos que tornariam distante a aplicação destes métodos.

O sistema 5S, o arranjo físico e o operador polivalente, já é aplicado de maneira próxima da teoria, em algumas obras. Seria possível e viável aplicar esses métodos em uma obra de pequeno porte, sem mudar muito a estrutura usual do processo. O Kaizen, Kanban e Mapa de Fluxo de Valor, são processos que exigem grandes mudanças e consequentemente, treinamentos específicos. Com as respostas e comentários do questionário aplicado, é visível que a aplicação dessas ferramentas está longe da realidade e que os profissionais da área não acham viável a aplicação dessas ferramentas. Porém, os profissionais foram quase unânimes e reconheceram que todos os métodos estudados poderiam reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra, trazendo maiores lucros.

O cenário atual das obras de pequeno porte, traz muitos obstáculos para aplicação do *Lean Construction*, porém é possível começar a aplicá-lo com algumas ferramentas que não afetem drasticamente o processo atual e ver os benefícios que esse pensamento pode trazer.

Referências

LEWIS M. A. Lean production and sustainable competitive advantage. International Journal of Operations & Production Management, 2000.

KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. CIFE Technical Report #72, Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

AMORIM, S. R. L. Tecnologia, organização e produtividade na construção. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.

TRENTIN, Luciano. Manufatura enxuta: Contribuições para a obtenção da vantagem competitiva. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n09/17380906.html>>. Acesso em: 22/04/2018

GHINATO, Paulo. Produção e Competitividade: Aplicação e Inovações. Tradução: Adiel Almeida e Fernando Souza. Recife: UFPE, 2000.

PISKE, Felipe B. A influência do arranjo físico nos desperdícios de uma fábrica de máquinas para implementos agrícolas. 2008. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação). Engenharia Mecânica. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

ROTHER, Mike; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar. Traduzido por José Roberto Ferro e Telma Rodriguez. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

NUNES, Iara J. D. Aplicação de ferramentas Lean no planejamento de obras. 2010.97 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

WOMACK, James P. The challenge of values stream management. In: LEAN ENTERPRISE INSTITUTE VALUE STREAM MANAGEMENT CONFERENCE, 2000, Dearborn, MI. Proceedings... Dearborn, MI: Lean Enterprise Institute, 2000.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. A Máquina que Mudou o Mundo. Tradução: Ivo Korytowski. 11ª ed. São Paulo: Campus, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

ALVES, Thaís. Diretrizes para gestão dos fluxos Físicos em Canteiros de obra: proposta baseada em estudo de caso. 2000. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

MESSEGUER, Álvaro G. Controle e garantia da qualidade na construção. São Paulo: Sinduscon, 1991.

HOWELL, George. What is Lean Construction In: Annual Conference of the International group for Lean Construction, 7, 1999. Berkeley. Proceedings. California, University of California, 1999.

MIYAKE, Dario I. Melhorando o processo: Seis Sigma e Sistema de Produção Lean. In ROTONDARO et al. Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

FILHO, Manassés C. As ferramentas de qualidade no processo produtivo com enfoque no processo enxuto. 2011. 59 f. Monografia de Especialização. MBA em Gestão da manutenção, produção e negócios, Instituto Superior De Tecnologia. Conselheiro Lafaiete, 2011.

MOLINA, Juan F.G. - Contribuição da Informatização no Sistema Kanban: Critérios e Exemplos de Implementação. 1995. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995

MOURA, Reinaldo A. Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenamento de Materiais, IMAN, 2007.

CORREIA, Bruno M. Estudo sobre a implantação de sistema kanban em obras de construção civil de pequeno porte. 2007. 68 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação). Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007.

VANSAN, Ana P.; LANGARO, E. A. Ferramentas *Lean* aplicadas às empresas de Construção civil classificadas no modelo LCR. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

INOVARSE. Aplicação do sistema Lean na construção civil e os critérios competitivos no setor. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_065M.pdf>. Acesso em: 22/06/2018

ABEPRO. Um modelo para o sistema de construção enxuta a partir do Sistema Toyota de Produção. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0110_0909.pdf>. Acesso em: 22/06/2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9077: Saída de emergência em edifícios– procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

CONSTRUIDEIA. Canteiro de Obra. Disponível em: <<https://www.construideia.com/canteiro/>>. Acesso em: 22/06/2018

SANTOS, A. et al. Método de Intervenção para redução de perdas na construção civil. Porto Alegre, SEBRA /RS, 1996.

MESEGUER, Álvaro Garcia. Controle e garantia da qualidade na Construção. Tradução de Roberto José Falcão Bauer et al. São Paulo, Sinduscon.

ANEXO A

QUESTINOÁRIO SOBRE A VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS DE PEQUENO PORTE

Nome:

CPF:

Função:

Data de nascimento:

O questionário abaixo mostra seis ferramentas do pensamento enxuto aplicado a construção civil. Para cada princípio responder as duas questões abaixo com “sim” ou “não”:

Pergunta A: Você acha que esse princípio ajudaria a reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e diminuir o tempo de execução de uma obra?

Pergunta B: Você acha que seria possível e valeria a pena aplicar esse princípio em uma obra de pequeno porte?

Pergunta C: Você presencia algo parecido no meio em que trabalha?

Ferramentas

Sistema 5S - sistema criado no Japão, que segue cinco sentidos:

- Senso de utilização: Separar claramente o necessário do desnecessário. Eliminar o desnecessário.
- Senso de organização: Aquilo que é necessário deve ser deixado de forma ordenada e arrumada
- Senso de limpeza: Limpar sempre e manter bem limpo
- Senso da padronização: Manter o estado de arrumação, limpeza e ordem.
- Senso de autodisciplina: Disciplinar e Habituar e obedecer sempre, aquilo que foi determinado

Pergunta A:
OBS.:

Pergunta B:

Pergunta C:

Arranjo Físico - Para a construção civil, o arranjo físico, seria fazer o *layout* do canteiro de obra, buscando manter a organização, rapidez e qualidade dos processos.

Pergunta A:
OBS.:

Pergunta B:

Pergunta C:

Operador polivalente - capacitar os operadores a executar várias tarefas, ao invés de se especializar o operador em apenas uma tarefa específica, restringindo o trabalho do mesmo.

Pergunta A:
OBS.:

Pergunta B:

Pergunta C:

Kaizen/Melhoria de atividades e controle visual do processo – *Kaizen* é a melhoria contínua de uma atividade, ou seja, determina onde estão as perdas ou as falhas do processo, e foca na eliminação dessas falhas, de tal forma a evitar desperdícios e agregar valor ao produto ou atividade

Para a construção civil, essa ferramenta é interessante, já que a maioria dos processos e serviços são artesanais; precisando assim manter um nível de produção e a qualidade final dos produtos e serviços. Algumas maneiras de aplicar essa ferramenta é a elaboração de listas de verificação, ou *check-lists*; outra é a exibição do desempenho da produção ou equipe, onde pode-se abordar metas e melhorias para os próximos serviços.

Pergunta A:
OBS.:

Pergunta B:

Pergunta C:

Kanban - O sistema consiste basicamente de três tipos de cartões, sendo um verde, um amarelo e um vermelho. Os cartões podem ser colocados no almoxarifado em frente a caixas, gavetas, prateleiras, ou em áreas de estoque espalhadas pela obra e cada um tem um significado.

O cartão verde significa que o estoque ao ser consumido no tempo necessário para a fabricação/compra do item se faz de modo normal sem preocupações. O Amarelo significa que o consumo está chegando em uma fase crítica e que a velocidade de reabastecimento está ficando abaixo do esperado e que pode ocorrer falta de produto. O cartão Vermelho significa que o consumo passou da velocidade normal de consumo e que se nada for feito faltará peças/ componentes para a fabricação/montagem.

O treinamento dos funcionários é fundamental para o funcionamento completo do sistema de kanbans, pois os mesmos devem saber como agir diante das três situações mostradas (Verde, amarelo e vermelho).

Pergunta A:
OBS.:

Pergunta B:

Pergunta C:

Mapa de fluxo de valor (MFV) - propõe o mapeamento de cada atividade de todo um processo, isso através de elementos gráficos, onde possa se observar com clareza o que está acontecendo em cada etapa, esse mapeamento é denominado de Mapa de fluxo de valor (MFV). Para tanto, são representados nesse mapa, os fornecedores, clientes, estoques, fluxo de informações, movimentação de materiais e todas as etapas do processamento do produto.

O MFV de um produto ajuda a visualizar todo o processo, a partir daí pode-se identificar desperdícios, ou seja, identificar as atividades que não estão agregando valor ao fluxo e ao produto final. Essa ferramenta ajuda na implementação de conceitos e técnicas enxutas, e mostra a relação existente entre o fluxo de informação e o fluxo de material

Pergunta A:
OBS.:

Pergunta B:

Pergunta C: