

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR UFRJ - MACAÉ
INSTITUTO POLITÉCNICO

GABRIEL RAMOS DE MORAIS

**LEAN CONSTRUCTION EM UMA OBRA RESIDENCIAL DE TORRES ALTAS
COM 21 ANDARES DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

MACAÉ
2023

GABRIEL RAMOS DE MORAIS

**LEAN CONSTRUCTION EM UMA OBRA RESIDENCIAL DE TORRES ALTAS
COM 21 ANDARES DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
submetido ao Corpo Docente da Engenharia
Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Civil

Orientador(es): Prof. Leandro Tomaz Knopp

MACAÉ
2023

CIP - Catalogação na Publicação

M828

Morais, Gabriel Ramos de

Lean Construction em uma obra residencial de torres altas com 21 andares de alvenaria estrutural / Gabriel Ramos de Moraes - Macaé, 2023.

70 f.

Orientador(a): Leandro Tomaz Knopp.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, 2023.

1. Construção residencial. 2. Canteiro de obras. 3. Engenharia civil.
I. Knopp, Leandro Tomaz, orient. II. Título.

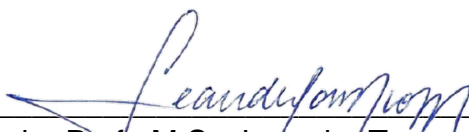
CDD 624

**LEAN CONSTRUCTION EM UMA OBRA RESIDENCIAL DE TORRES ALTAS
COM 21 ANDARES DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

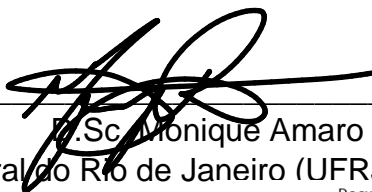
GABRIEL RAMOS DE MORAIS

Orientador: Dr. Leandro Tomaz Knopp

Aprovada em 13 / 07 / 23



Orientador: Prof. M.Sc. Leandro Tomaz Knopp
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – CAMPUS MACAÉ



M.Sc. Monique Amaro
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – CAMPUS MACAÉ



Documento assinado digitalmente
THIAGO GOMES DE LIMA
Data: 24/07/2023 10:13:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Membro Interno: Prof. D.Sc. Thiago Gomes de Lima
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – CAMPUS MACAÉ

MACAÉ
2023

AGRADECIMENTOS

Inúmeras pessoas passaram por mim ao longo dessa jornada, e me encorajou, para seguir adiante na minha graduação, percurso longo e árduo, em que precisou de momentos resilientes.

Em especial agradecimento ao meu orientador, Leandro Knopp, não hesitou em aceitar meu convite, que desde o início f muito prestativo, compreensivo, e ponderou várias opiniões fundamentais para o trabalho, elevando o nível de qualidade do trabalho.

Agradeço aos meus fiéis amigos, da escola, da faculdade e do intercâmbio, que estiveram ao meu lado compartilhando momentos de dores, lutas, angústias e alegrias, “-On est ensemble!”.

Agradeço a minha família, principalmente meus pais que ousaram em sonhar comigo, e que me proporcionaram morar longe de casa durante a graduação e sempre me incentivaram, muitas vezes comprometendo em casa para ajudar o filho que estava longe, mostrando que o acesso a educação é poderosa e uma fonte de riqueza que jamais alguém pode tira-lá.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação do conceito de Lean construction através de um estudo de caso, em uma obra residencial de torres altas, de 21 andares na cidade de São Paulo, em andamento. Sendo o primeiro contato do *Lean construction* no canteiro. O conceito Lean aplicado à construção civil surge como possível ferramenta de transformação, visto que se trata de um ambiente relativamente novo e não muito explorado até então por práticas inovadoras e/ou revolucionárias. A aplicação dessa concepção enxuta no canteiro resultou em melhorias significativas, principalmente no campo da comunicação e organização do canteiro como um todo, organizando melhor os materiais, diminuindo o tempo de procura e deslocamentos horizontais e verticais dos materiais, o tempo de ciclo produtivo de alvenaria estrutural foi reduzido, diminuindo em torno de 1 dia. Apesar dos benefícios detectados pelo trabalho, existe muitas possibilidades de exploração.

Palavras-chave: Canteiro de obras; Construção Civil; Construção Enxuta.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the application of the concept of Lean construction through a case study, in a residential project with high towers, 21 floors in the city of São Paulo, in progress. Being the first Lean construction contact at the construction site. The Lean concept applied to civil construction emerges as a possible transformation tool, since it is a relatively new environment and not much explored until then by innovative and/or revolutionary practices. The application of this lean concept on the construction site resulted in significant improvements, mainly in the field of communication and organization of the construction site as a whole, better organizing the materials, reducing the search time and horizontal and vertical displacements of the materials, the masonry production cycle time structure was reduced, decreasing around 1 day. Despite the benefits detected by the work, there are many future possibilities for exploration

Keywords: Site construction; Civil construction; Lean Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lean Way	17
Figura 2 - Mecanismo JIDOKA	19
Figura 3 - Mecanismo Andon.....	20
Figura 4 - Quadro Kanban	21
Figura 5 - Coordenação de ferramentas <i>Just In Time</i>	24
Figura 6 - Precedência entre atividades	25
Figura 7 - Linha de Balanço - Gráfico de Gantt	26
Figura 8 - Atividades e desperdícios que não agregam valor.....	29
Figura 9 - Produtividade na Construção Civil em 2003 e 2013 WIOD, Conference ...	39
Figura 10 - Localização do empreendimento.....	48
Figura 11 - Foto aérea do empreendimento	49
Figura 12 - Vista do canteiro de obras.....	50
Figura 13 - Vista da laje com os paletes de bloco	53
Figura 14 - Marcação da 1ª fiada de blocos	54
Figura 15 - Vista do piso térreo limpo.....	55
Figura 16 - Baía de aço	56
Figura 17 - Implantação geral 1 dos materiais.....	57
Figura 18 - Implantação geral 2 dos materiais.....	57
Figura 19 - Armazenamento de caixilhos	58
Figura 20 – Almoxarifado.....	58
Figura 21 - Quadro do efetivo diário dos funcionários	59
Figura 22 - Fluxo de atividades programadas na obra até seu término.....	60
Figura 23 – Reunião Semanal	60
Figura 24 - Grupos de Whatsapp	61
Figura 25 - Alvenaria: Antes x Depois	62
Figura 26 - Baía de aço: Antes x Depois	62
Figura 27 - Almoxarifado: Antes x Depois	63

LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1 - Princípios de Womack relacionados às ferramentas Lean..... 18

Tabela 1 - Estimativa de geração de Resíduos da construção civil em alguns países..... 11

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA	13
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ORIGEM DO SISTEMA DE PRODUÇÃO LEAN	15
2.2 JIDOKA	18
2.3 ANDON	19
2.4 KABAN	20
2.5 JUST IN TIME	21
2.6 LINHA DE BALANÇO.....	24
2.7 QUALIDADE TOTAL IMEDIATA	27
2.8 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	28
2.9 PRODUÇÃO PUXADA	30
2.10 FLEXIBILIDADE	30
2.11 PADRONIZAÇÃO DO TRABALHO E ESTABILIDADE	31
2.12 TRABALHO DE PADRONIZAÇÃO: CONCEITUAÇÃO E OBJETIVAÇÃO	31
2.13 VANTAGENS DO TRABALHO PADRONIZADO	32
2.14 ESTABILIDADE.....	33
2.15 ESTABILIDADE DE MATERIAIS	34
2.16 ESTABILIDADE TRABALHISTA	35
2.17 ESTABILIDADE DA MÁQUINA	35
2.18 ESTABILIDADES DO MÉTODO	35
3 PRODUTIVIDADE DO SEGMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL	37
4 LEAN CONSTRUCTION	41
4.1 PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	43
5 APLICAÇÃO DO LEAN CONSTRUCTION	48

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CASO	48
5.2 RESULTADOS	50
5.2.1 Problemáticas Identificadas	51
5.2.2 Proposta De Resolução Aos Problemas Identificados	52
5.2.2.1 Seiri (Separar)	53
5.2.2.2 Seiton (Organizar)	54
5.2.2.3 Seiso (Limpar)	54
5.2.2.4 Seiketsu (Padronizar)	55
5.2.2.5 Shitsuke (Disciplina)	55
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	61
5.4 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ENGENHEIROS CIVIS ACERCA DA VIABILIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA	63
6 CONCLUSÃO	65
6.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	66
6.2 POSSIBILIDADES DE TRABALHOS FUTUROS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem desenvolvendo suas atividades sem grande avanço notório de inovação metodológica, o Brasil gera aproximadamente 84 milhões de metros cúbicos de resíduos de construção civil e demolição por ano, de acordo com informações da ABRECON. Na tabela 1, é possível compararmos o Brasil em relação a outros países

Tabela 1 - Estimativa de geração de Resíduos da construção civil em alguns países

País	Quantidade anual		Fonte
	Em milhões t/ano	Em kg/habitante/ano	
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	Tolstoy, Borklund e Carlson (1998) e EU (1999)
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1.300	Lauritzen (1998), Brossink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999)
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584	EPA (1998), Peng, Grosskopf e Kibert (1994)
Reino Unido	50 - 70	880 - 1.120	Detr (1998) e Lauritzen (1998)
Bélgica	7,5 - 34,7	735 - 3.359	
Dinamarca	2,3 - 10,7	440 - 2.010	Lauritzen (1998) e EU (1999)
Itália	35 - 40	600 - 690	
Alemanha	79 - 300	963 - 3.658	
Japão	99	785	Kasai (1998)
Portugal	3,2 - 4,4	325 - 447	EU (1999) e Ruivo e Veiga (<i>apud</i> Marques Neto, 2009)
Brasil	31	230 - 760	Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro <i>et al.</i> (2001) e Pinto e González (2005)

Fonte: (Repositório IPEA, 2012)

É possível constatar, que a geração de 31 milhões de t/ano no Brasil encontra-se abaixo da de outros países, tais como Portugal, Dinamarca, Suécia.

O Brasil gera uma quantidade de resíduo elevada, necessitando uma reconsideração de modelo produtivo, com o uso mais consciente e enxuto de produção.

Visando o sucesso industrial, pensadores voltados para a construção civil experimentaram e ainda desenvolvem modelos baseados na produção enxuta. O principal estudo com foco em novos conceitos é o livro *Application of New Production Concepts in Architecture*, de Lauri Koskela, publicado em meados de 1992, que

apresenta 11 princípios da construção enxuta (ISATTO et al., 2000).

O problema científico abordado neste trabalho seria o desempenho do canteiro de obras, inserido em um contexto pouco desenvolvido pela academia, em que é suscetível de análise, e uma proposta de melhoria com o lean construction, que pode ser benéfica.

1.1 JUSTIFICATIVA

Melhorar resultados por meio da otimização de processos e redução de custos operacionais é um objetivo primordial de qualquer organização, e a construção civil não é exceção.

A filosofia da construção enxuta vem aplicando teorias e métodos à construção civil que originalmente eram utilizados apenas no processo de fabricação de produtos industriais, setor pioneiro na aplicação dessa concepção de trabalho. De acordo com Koskela (1992) Entre esses princípios, observam-se vários aspectos fundamentais para oportunidades de desenvolvimento das construtoras: processos produtivos contínuos, redução do desperdício de material, redução do tempo gasto na execução das tarefas, busca constante dos menores níveis de estoque possíveis e o conceito de cooperação entre os funcionários, empresas e Inter-relações entre fornecedores e interdependências entre equipes de trabalho (Benchmarking).

Womack; Jones, (1998) dizem que o foco principal do conceito de construção enxuta é que o processo deve ser ininterrupto e toda e qualquer causa de parada deve esclarecerse eliminada. Essas atividades devem ocorrer de forma consecutiva e sequencial.

Torna-se, portanto, importante abordar este tema para criar ferramentas que possam minimizar as discontinuidades na execução das atividades do processo e aumentar a probabilidade de cumprimento dos prazos de entrega acordados com o cliente final, melhorando a gestão do trabalho e, assim, alcançando melhores resultados de negócios para a empresa.

1.2 OBJETIVOS

Neste tópico será abordado os objetivos gerais e específicos do trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar algumas aplicações do Lean construction em um grande canteiro de obras já em andamento, de obras residenciais na cidade de São Paulo, com mais de 2400 unidades, verificar a funcionalidade dessas ferramentas e seus desdobramentos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar arcabouço teórico sobre Construção Enxuta e suas ferramentas;
- Examinar o contexto da construção civil atual;
- Detectar os principais problemas enfrentados na obra
- Identificar ferramentas melhoria aos problemas afim de reduzir o problema ou eliminá-lo, com intuito de tornar o trabalho mais flexível e contínuo em suas atividades.

1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Tomando como direcionamento para classificar a pesquisa, o livro Método de pesquisa (Engel e Tolfo, 2009), este trabalho possui uma abordagem de pesquisa qualitativa, com quantidade de fontes de dados variadas, com análise das informações narradas de uma forma organizada e intuitiva.

Com natureza de uma pesquisa aplicada, para um viés prático de um estudo de caso, dirigido à solução de problemas específicos encontrados no canteiro de obras de alvenaria estrutural situada na cidade de São Paulo, elencando problemáticas e propondo soluções via Lean Construction.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A estruturação deste trabalho se inicia com uma narrativa histórica do Lean, contando suas facetas evolutivas, em sequência, o Lean voltado para o âmbito da construção civil, e sua dinâmica atual, após, a modelização do Lean na construção civil, sendo o Lean Construction, e por fim o objeto de estudo, um canteiro de obras, com seus percalços e possíveis melhoras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será explorado a origem do Lean, seu embasamento teórico.

2.1 ORIGEM DO SISTEMA DE PRODUÇÃO LEAN

Durante a recessão da década de 1950, a *Toyota* enfrentou desafios técnicos e financeiros assustadores. Após pesquisas, incluindo uma visita à fábrica da *Ford* em *Detroit*, o diretor da *Toyota*, Eiji Toyoda, concluiu que a produção em massa não teria sucesso no Japão, dada a demanda pequena e variável no mercado japonês (DENNIS, 2008).

Com baixa produtividade e recursos escassos, a *Toyota* precisou identificar e eliminar ao máximo as perdas. Segundo Dennis (2008), Toyoda e seu braço direito na produção, Taiichi Ohno, desenvolveram um sistema que tornou a qualidade uma necessidade. Um exemplo é que a falta de financiamento apenas incentivou o desenvolvimento de máquinas menores e mais flexíveis que facilitaram as trocas rápidas.

Além disso, acordos com funcionários que não foram demitidos permitiram que a *Toyota* se tornasse uma comunidade onde os funcionários contribuem para a solução de problemas de forma focada e intensa. Apesar de todos os esforços, levou cerca de 30 anos para que o pensamento *Lean* fosse aperfeiçoado e totalmente adotado na *Toyota*. Dennis (2008) diz que o termo *Lean* também traduz a filosofia de produção da *Toyota*.

Os novos princípios partem do pressuposto de que o desperdício pode existir em todos os níveis de uma organização, levando as empresas a desenvolver uma mentalidade mais enxuta de fazer mais com menos para eliminar o desperdício. Assim, de acordo com Ohno (1997) para tanto, uma nova equipe foi formada, responsável por um conjunto de atividades de montagem, organização da própria área de trabalho e garantia da qualidade. Ao contrário dos sistemas de produção em massa, onde cada funcionário é responsável por uma ou duas tarefas simples e erros não param a produção, o Sistema toyotismo de produção, ou STP, também permite que a linha de montagem seja totalmente interrompida para reparos.

É necessário sanar todos os defeitos assim que forem descobertos para evitar

que persistam e cheguem ao fim da linha. De forma sistemática, os trabalhadores aprenderam a identificar a causa raiz do problema e então sugerir correções para que o mesmo problema não volte a acontecer (VENTURI, 2015). Além disso, STP tem como meta a redução de todos os sete tipos de desperdícios ocorridos, e também busca a redução de estoques finais e intermediários por meio da produção em pequenos lotes.

Segundo Pichii (2003), a metodologia *Lean* derivada do Sistema *Toyota* de Produção ganhou notoriedade na década de 1990 com as publicações de Womack e Daniel T. Jones. A ideia acabou se desdobrando e levou a *Lean Manufacturing*, *Lean Office*, *Lean Thinking* e *Lean Construction*. O pensamento enxuto, que pode ser traduzido como mentalidade ou pensamento enxuto, surgiu em uma época em que a produção automobilística era dominada pela produção em massa. Womack questiona esse modelo de produção em massa.

A a produção enxuta (essa expressão foi definida pelo pesquisador do IMVP John Krafcik) é enxuta por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço de fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos WOMACK; JONES; ROOS; (1992)

Quando se fala especificamente do setor da construção civil, percebe-se um funcionar em múltiplas etapas do empreendimento (PICHII, 2000). Womack e Jones (2004), sinalizam que o pensamento enxuto pode ser aplicado a toda uma empresa, e existem inúmeras ferramentas que se alinham a essa abordagem. No entanto, muitas vezes observa-se que as ferramentas *Lean* são aplicadas de forma tímida, em empresas de construção civil, visto que ainda é um setor com pouco desenvolvimento tecnológico se comparado ao fabril. No trabalho de Pichii (2003), que fornece exemplos da aplicação do pensamento *Lean* na indústria da construção, a Figura 1 fornece exemplos de ferramentas *Lean* aplicáveis à construção e links para os princípios de Womack e os elementos básicos de cada princípio.

Figura 1- Lean Way



Fonte: Pichii, (2003)

A manufatura enxuta é baseada na padronização e estabilidade, e fortalece os muros: JIT e jidoka, que buscam a automação por meio da especialização e da inteligência humana. O sistema é voltado para clientes que buscam a maior qualidade possível no menor tempo possível e com o menor custo possível.

Womack e Jones (2004) apontaram que apesar de todo conhecimento e habilidades, o que impulsiona o sistema é a participação de equipes, motivadas e dispostas a melhorar, buscando constantemente a melhor forma de fazer as coisas. Toda a equipe precisa ter um pensamento *Lean* muito claro em seu trabalho diário.

Deve se praticar os princípios definidos por Womack e Jones, em que cada princípio possui características que os definem, sendo exercidos por algumas ferramentas, expostas por forma de um quadro resumo:

Quadro 1 - Princípios de Womack relacionados às ferramentas *Lean*

Princípio	Elementos Fundamentais	Exemplos de ferramentas
Valor	Pacote produto ou serviço de valor ampliado	<ul style="list-style-type: none"> • Variedade de produtos planejada
	Redução de lead times	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia simultânea
Fluxo de valor	Alta agregação de valor na empresa estendida	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor • Parceria com fornecedores
Fluxo	Produção em fluxo	<ul style="list-style-type: none"> • Células de trabalho • Pequenos lotes • TPM (Manutenção para produtividade total) • Qualidade na fonte • Poka-Yoke
	Trabalho padronizado	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de balanceamento de operador • Gerenciamento visual
Puxar	Produção e entrega <i>just in time</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Takt Time • Kan Ban • Nivelamento da produção
	Recursos flexíveis	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Set up</i> rápido • Equipamentos flexíveis • Multifuncionalidade de operadores
Kaizen	Aprendizagem rápida e sistemática	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos autogerenciáveis • Cinco porquês • Programa de sugestões • 5S
	Foco comum	<ul style="list-style-type: none"> • Compromissos da Direção da empresa com os funcionários • Treinamento de todas na empresa e fornecedores nos princípios e ferramentas <i>lean</i> • Simplicidade de comunicação.

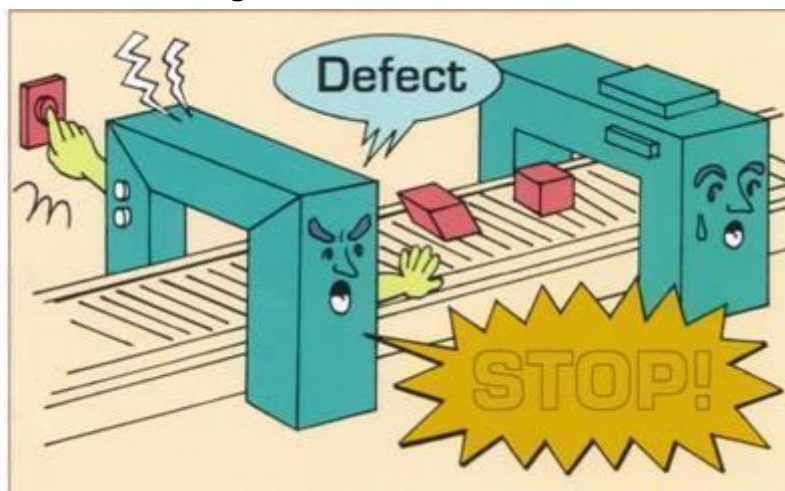
Fonte: (Adaptado de Pichii, 2003)

2.2 JIDOKA

A palavra JIDOKA significa automação (automação com toque humano), e é um dos fundamentos do TPS. Como mencionado anteriormente, esse conceito foi proposto pela invenção do tear de Akio Toyoda, que possui um dispositivo para detectar condições normais e anormais, o que evita a produção de produtos defeituosos, ao contrário dos teares automáticos, que mesmo enfrentando falhas também podem continuar trabalhando. quebras e defeitos só são detectados quando o processo é concluído. Isso elimina a necessidade de o operador monitorar a máquina enquanto ela está funcionando, mas apenas intervir quando a máquina estiver parada. Isso permite que um operador supervise várias máquinas,

permitindo que a fábrica opere com menos pessoas, aumentando a produtividade. Isso demonstra o objetivo do JIDOKA, que é reduzir a quantidade de lixo. O dispositivo pode ser visualizado na prática, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2: Mecanismo JIDOKA



Fonte: <http://engsimengenharia.blogspot.com/2018/06/jidoka.html>

Baseado na ideia Jidoka, a obra é auditada mensalmente, averiguando os processos construtivos, se estão de acordo com o macrofluxo produtivo da construtora, detectando possíveis falhas no processo, não esperando o término da obra, para detectar um provável problema.

2.3 ANDON

Andon, uma das ferramentas utilizadas pelo TPS, é uma forma de gerenciar eventos e resultados do local de trabalho, apresentados na forma de tabelas, sons e sinais visuais. Essa ferramenta facilita a comunicação e monitoramento remoto da linha de produção e é implementada no Jidoka, conforme Figura 3.

Figura 4 - Quadro Kanban



Fonte: Furtado, (2011)

- Segundo Monden (1984) e Vollmann et al. (1997) Existem algumas regras básicas sobre o funcionamento do sistema Kanban, como segue:
- O próximo processo deve retirar a quantidade necessária de produtos necessários do processo anterior no tempo;
- O processo anterior deve produzir a quantidade necessária para o processo seguinte;
- Produtos defeituosos não são encaminhados para o próximo processo;
- O número de kanbans deve ser mínimo e melhoria de processos;
- Cada tote deve ter um cartão anexado ao Kanban que deve conter apenas quantidades padronizadas de peças.

No canteiro de obras, foi realizado tal ideia, com uma sala em que ficam nossas informações a respeito da obra, notas de qualidade e segurança, informações sobre o acompanhamento físico financeiro da obra, e lista de prioridades, no curto, médio e longo prazo, afim de monitorar os serviços.

2.5 JUST IN TIME

A estratégia de controle de produção Just in time, JIT, desenvolvida pela Toyota foi consolidada no Japão na década de 1970. cada processo deve ser suprido com os

itens e quantidades corretas, no tempo e lugar correto (GHINATO, 1995). Neste contexto, o desafio operacional consiste no modo como essa abordagem pode contribuir para a eficiência do processo operacional da produção. O JIT é na verdade um conjunto coeso e coerente de princípios que fornecem diretrizes para que as empresas obtenham melhorias permanentes como:

- Ampliar a participação de mercado da empresa;
- Atender os clientes o mais rápido possível;
- Eliminar desperdício.

A manufatura enxuta é uma estratégia de gestão da produção e, como tal, inclui estratégias de planejamento e controle da produção (JIT). O Lean Manufacturing (LE) foi definido por Womack e Jones (1998) como uma abordagem segundo a qual o relacionamento de uma empresa com clientes, cadeia de suprimentos, desenvolvimento de produtos e operações de produção pode ser melhor organizado e gerenciado. Faça mais com menos tempo.

Ghinato (2000) ressalta que o JIT é um princípio e um meio para atingir o objetivo principal da manufatura enxuta. O princípio JIT está direta ou indiretamente relacionado ao Plano de Controle da Produção (PCP).

desperdícios, participação do trabalhador na tomada de decisões, gestão da qualidade total, entrega just-in-time, busca de melhorias, ferramentas de controle de rdo trabalhador e uso de plantas focalizadas.

Sete tipos de desperdício que devem ser eliminados:

- 1 Superprodução: a superprodução é uma das principais fontes de desperdício e daí a necessidade de pequenos lotes;
- 2 Tempo de espera: as eficiências da máquina e do homem podem ser usadas para controlar o tempo de espera do processo, mas o tempo gasto na produção de estoque desnecessário também é entendido como tempo de espera;
- 3 Transporte: a movimentação de materiais dentro de uma fábrica é um desperdício que pode ser reduzido alterando o layout da produção;
- 4 Processamento: nem todas as operações do processo produtivo são realmente necessárias e, portanto, fonte de desperdícios que devem ser eliminados;
- 5 Estoques: devem ser eliminados ou pelo menos reduzidos;
- 6 Movimentação: relacionada à movimentação desnecessária de trabalhadores durante a execução de tarefas;

- 7 Produtos defeituosos: Os produtos defeituosos devem ser refeitos, ou seja, são simplesmente desperdiçados e devem ser combatidos a todo custo.

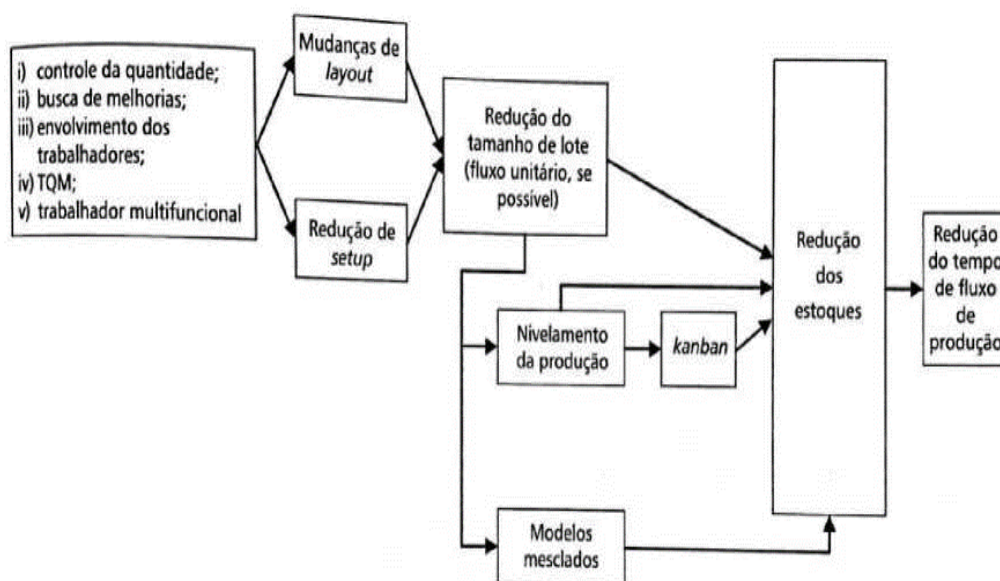
Nesse conceito, o JIT busca eliminar completamente esses sete desperdícios, ou seja, excesso zero, espera zero, movimentação zero, configuração zero, falha zero da máquina, defeito zero, estoque zero e oscilação zero no planejamento da produção.

Sob a filosofia JIT, a participação dos trabalhadores na tomada de decisões sugere que os trabalhadores devem assumir mais responsabilidade pelo processo de produção; trabalho em equipe, delegação de tarefas e responsabilidade são ferramentas importantes neste conceito. Tal autonomia pode ser, por exemplo, (Slack et al., 2002): o poder de parar linhas de produção, organizar materiais, coletar dados e resolver problemas.

A Gestão da Qualidade Total (TQM) é uma filosofia cujo conjunto de ferramentas permite às empresas utilizar a qualidade como vantagem competitiva. Um Recebimento Just In Time é teoricamente uma ferramenta que está atrelada ao tempo que um item chega a uma empresa no tempo que leva para produção. Na verdade, é difícil fazer isso com toda uma linha de produtos. Kochan (1998) descreveu os benefícios da integração de fornecedores e da aceitação just in-time para uma empresa automotiva.

Na filosofia JIT, a busca pela melhoria se divide em dois tipos: incremental e agressiva. A melhoria incremental é Kaise, que prega que a perfeição será alcançada por meio da melhoria contínua, formada por infinitas etapas de mudança. Nesse processo, os métodos utilizados podem ser caixas de sugestões dos funcionários e círculos de qualidade (discussões sobre como resolver problemas). A melhoria radical inclui um salto em direção à perfeição. Na figura 5, temos um esboço da coordenação da aplicação de ideias para realizar o just in time:

Figura 5 - Coordenação de ferramentas *Just In Time*



Fonte: Fernandes e Filho, (2009)

Na figura 5, é possível observar como o *Just in Time* faz seu trajeto de ideias para atingir sua finalidade, com a redução de setup, nivelamento de produção para afim de reduzir o tempo de fluxo da produção.

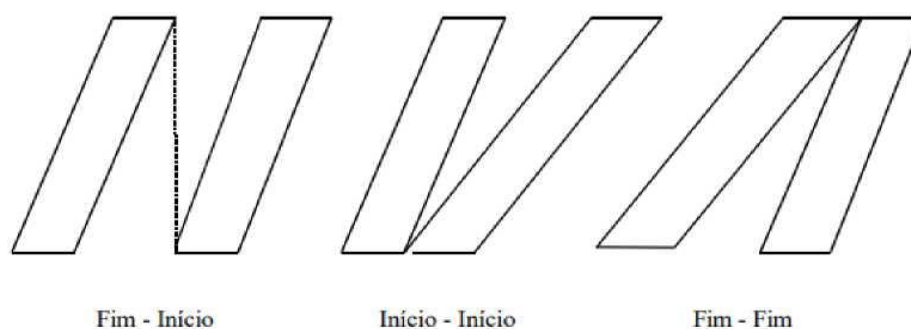
2.6 LINHA DE BALANÇO

A tecnologia Line of Balance (LOB) para planejamento de eventos foi criada pela Goodyear durante a Segunda Guerra Mundial na década de 1940. Esta ferramenta é utilizada na indústria de produção contínua e seriada desde 1942, principalmente porque seu objetivo é encontrar a produtividade para o processo de fabricação, e destina-se ao serviço de controle de produção (JOHNSTON, 1981).

Os processos da construção civil podem ser divididos em diferentes grupos, sendo um deles o trabalho repetitivo. A principal característica dessas obras é a repetição de atividades durante o processo construtivo, ou seja, determinadas atividades são realizadas continuamente da mesma forma. No planejamento de obras de longo prazo, o departamento de planejamento abrange todo o período de construção e tem como principal objetivo determinar o ritmo das atividades que compõem as principais fases construtivas da edificação, como estrutura, alvenaria e reboco (MENDES; HEINECK, 1998).

Outra decisão importante relacionada ao equilíbrio da linha é a definição da estratégia do trabalho de ataque. Foi realizado um estudo para determinar a sequência de atividades para eliminar possíveis interrupções entre as equipes para melhorar o fluxo de materiais e mão de obra nos canteiros de obras. A elaboração do plano é feita por meio de técnicas de programação, nas quais são explicitadas informações sobre o início e término da atividade, bem como a duração necessária para a execução do empreendimento (TOMMELEIN; BALLARD, 1998; MENDES; HEINECK, 1998). A data de início da atividade será determinada de acordo com o tipo de relacionamento prioritário com a atividade anterior, conforme Figura 6.

Figura 6 - Precedência entre atividades



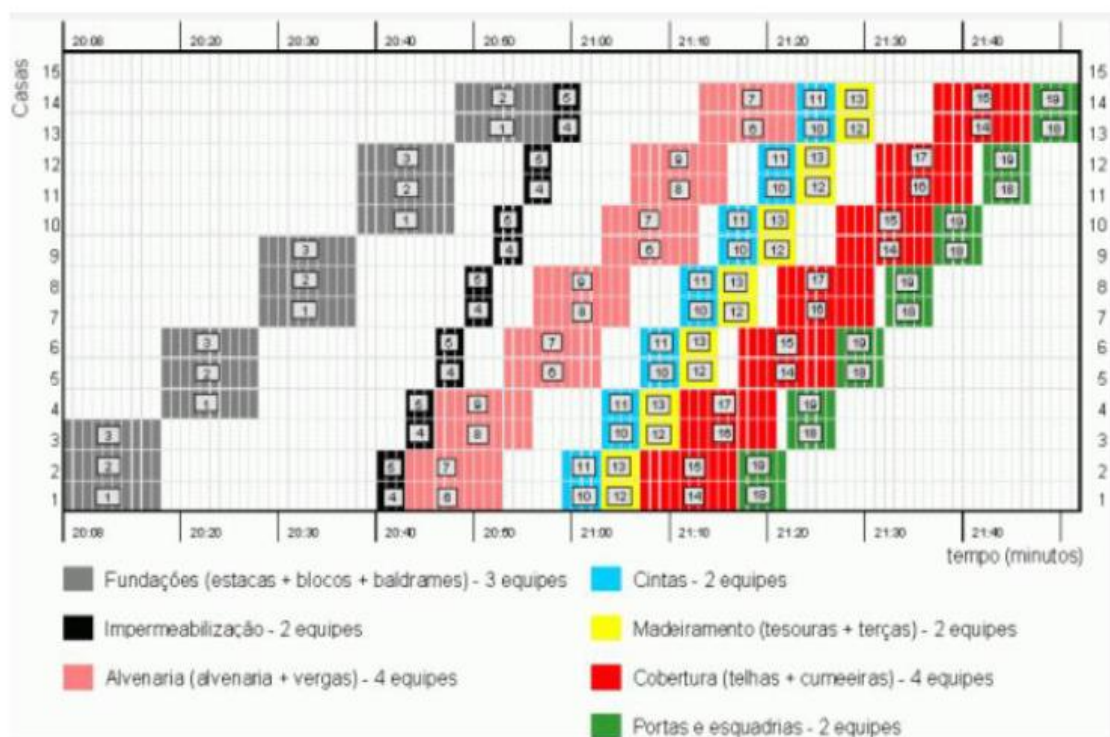
Fonte: Tommelein e Ballard, 1998; Mendes e Heineck, 1998)

A técnica da linha equilibrada resume-se à ideia de que determinadas tarefas se repetem várias vezes ao longo da construção, como é o caso do serviço de contrapiso, que é feito inúmeras vezes ao longo de todas as unidades de um conjunto residencial ou dos andares de um edifício. . A velocidade de execução das atividades na unidade depende do número de equipes alocadas, a aplicação da técnica é muito simples, principalmente porque pode ser feita graficamente, se assumirmos um desenvolvimento linear das atividades, em um espaço x tempo diagrama, indicando onde as atividades serão realizadas e os prazos, conforme Figura 7.

Com a linha de equilíbrio, os engenheiros, assim como toda a equipe de construção, têm uma visão mais fácil de como as atividades estão sendo executadas, o que é adequado como ferramenta de apoio para aumentar a produtividade no canteiro de obras. O LOB vem de um gráfico de barras (gráfico de Gantt), onde ao invés de distribuir as atividades de trabalho em um eixo vertical, inserimos pisos ou

repetições de um mesmo serviço. Assim, cada barra representa uma fase ou atividade que conduz a um conjunto linear de produção demonstrado no plano cartesiano, a duração da atividade definindo o ritmo do cronograma de construção (MATTOS, 2010).

Figura 7 - Linha de Balanço - Gráfico de Gantt



O equilíbrio da linha pode ser alcançado eliminando o conflito entre as equipes, alterando a sequência das atividades ou alterando a cadência, eliminando os tempos de espera do trabalho, definindo estratégias de execução que permitem a dissipação das atividades e reduzindo os lead times ou ocupação da unidade. efetivamente (JUNQUEIRA, 2006). Segundo Womack e Jones (1998), o *Lean Thinking* é uma abordagem para esclarecer o que é valor, alinhando à sequência ideal de ações na cadeia de criação de valor, realizando atividades ininterruptas cada vez que alguém solicita, e a maneira de todos executá-las no tempo. mais eficiente. É basicamente uma maneira de fazer mais com cada vez menos - menos mão de obra, menos matérias-primas, menos espaço e mais velocidade. Mas, principalmente, o pensamento enxuto é uma maneira de fornecer aos clientes algo próximo do que eles realmente deseja.

Correa e Gianesi (1993) afirmam que existem alguns fundamentos de um

sistema de manufatura enxuta. Esses fundamentos são essenciais para atingir o objetivo de produzir mais com menos recursos e com perfeição.

2.7 QUALIDADE TOTAL IMEDIATA

A implementação do Lean em qualquer negócio requer o cumprimento de um certo padrão de qualidade. Isso porque o objetivo é usar a flexibilidade na produção para criar produtos de alta qualidade. Para isso, as empresas precisam utilizar o conceito de qualidade como pré-requisito. A maneira de fazer isso é implementando o controle de qualidade com foco em questões como garantia de qualidade e conformidade. Correia e Gianesi (1993) ressaltam que o foco nessas questões leva a resultados positivos para os negócios.

- Maximização do controle de qualidade de seus funcionários internos por meio de treinamento de alto nível.
- Fornecer consultoria aos funcionários sobre problemas de produção para que eles possam corrigi-los.
- Auditar regularmente as diferentes partes da cadeia de abastecimento para manter níveis de qualidade consistentes.
- Inspecionar os produtos acabados para monitorar sua qualidade. Além disso, supervisione e avalie a qualidade de cada produto.
- O SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) deve ser adotado por toda a empresa, permitindo que todos os colaboradores se sintam parte do sistema e contribuam com ideias e ações. Isto é conseguido através da implementação da mentalidade de Qualidade Total em toda a empresa.

O principal objetivo de alcançar a máxima qualidade é atingir o nível zero de defeitos por meio da melhoria constante dos processos. Isso pode ser expresso como sendo quase perfeito. Correa e Gianesi (1993) fornecem pontos importantes de controle de qualidade em sua lista. Alcançar a qualidade total é um pré-requisito para o just-in-time. Quando alinhado com as demais premissas do JIT, esse controle de qualidade total cria um círculo de benefícios para a empresa.

2.8 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Para Correa e Giansi (1993), é a eliminação de todas as atividades sem valor agregado e redes de segurança, otimizando o uso de recursos escassos (capital, pessoas e espaço). Este é um dos princípios fundamentais da Manufatura Enxuta (e também da Construção Enxuta).

Para isso, é necessário rever todos os processos para aumentar a eficiência e, com isso, reduzir as perdas. Além disso, todo o processo deve ser validado para eliminar atividades que não agregam valor direta ou indiretamente ao produto que o cliente deseja receber. A eliminação completa do desperdício é a essência do STP, que orienta todos os aspectos do Lean.

Esse desejo surgiu a partir das visitas de Ohno às fábricas da General Motors e da identificação de atividades que não agregavam valor ao produto (OHNO, 1997). Este tópico tem como objetivo aprofundar cada um dos sete desperdícios referidos. Estes podem representar de 80% a 95% do tempo e custo no processo produtivo (GONÇALVES, 2009).

- **Estoque:** O estoque além do necessário para atender o cliente, cria excesso, que pode ser matéria-prima, trabalho de processamento ou mesmo produtos finais. Além disso, os estoques incorrem em maiores custos de espaço físico e armazenamento e também podem ocultar erros de produção. Para evitar estoques, deve-se buscar a produção JIT, mantendo um fluxo contínuo de produção e padronizando espaço e atividades.
- **Superprodução:** ocorre devido à mão-de-obra paga pela produção antes que o cliente faça um pedido ou o volume de produção é maior que o pedido do cliente. A superprodução é o oposto da produção just-in-time porque cria estoque durante o processo de produção e além disso cria a necessidade de estoque e controle de estoque que por sua vez é uma atividade que não agrega valor ao produto.
- **Defeitos:** Defeitos no processo produtivo levam ao retrabalho. Os defeitos podem aparecer de quatro maneiras diferentes: materiais gastos, mão de obra usada além da recuperação, mão de obra usada para retoques, retrabalho e inspeções e recursos usados para responder a possíveis reclamações de clientes. Estes podem ser reduzidos usando poka-yokes e controles

esquemáticos.

- **Movimentação desnecessária:** Segundo Gonçalves (2009), a movimentação excessiva está diretamente relacionada ao ordenamento do território e aos instrumentos de trabalho disponíveis. Ações indesejadas também podem ser identificadas em dados, informações e documentos da empresa.
- **Processamento sem valor agregado:** inclui todas as operações que não precisam ser realizadas no processo produtivo e que, se eliminadas, não fariam falta.
- **Esperas:** As esperas ocorrem por falta de fluxo contínuo, períodos de inatividade são percebidos nas atividades de downstream quando as atividades de upstream ainda não foram concluídas. A espera pode ser reduzida juntando-se a uma equipe para tornar o processo contínuo, preocupando-se em desburocratizar e equilibrar o trabalho da equipe.
- **Transporte:** Toda movimentação desnecessária de material deve ser eliminada, mas nem todo transporte pode ser cancelado. Embora não agregue valor, muitas vezes é uma atividade necessária para a produção, por isso deve-se ter atenção constante para otimizar e minimizar essa atividade.

A Figura 8 resume os sete principais desperdícios identificados por Taichii Ohno, onde as atividades que realmente agregam valor ao produto representam cerca de 5% a 20% do processo produtivo total.

Figura 8 - Atividades e desperdícios que não agregam valor



Fonte: Arantes, (2008).

2.9 PRODUÇÃO PUXADA

Segundo Womack e Jones (1998), em termos simples, a produção puxada significa que o processo inicial não deve produzir um bem ou serviço se não for solicitado pelo cliente do processo subsequente. A ideia da produção puxada deve começar com um cliente real, expressar uma demanda real ao processo de produção e cumprir todas as etapas para que essa demanda chegue ao cliente conforme necessário.

Essa base permite que o sistema de produção produza apenas o que é realmente necessário, evitando excesso ou escassez de materiais. O resultado é menor estoque, maior produtividade (porque a produção é mais rápida), maior qualidade de entrega (lotes menores, qualidade do produto pode ser verificada com mais eficiência) e detecção e resolução de problemas mais fáceis.

2.10 FLEXIBILIDADE

À medida que os clientes se tornam mais exigentes e querem mais customização dos produtos que compram (principalmente a preços mais altos), a produção deve acompanhar essa nova realidade e se adaptar para não perder para a concorrência.

Dessa forma, surgiu o conceito de "customização em massa" proposto por Davis em 1989 e está intimamente relacionado à flexibilidade de produção. O cliente de hoje identifica várias características do produto que deseja comprar e quais características devem ser produzidas de acordo com essa demanda. Para atender a essa demanda, a produção precisa ser cada vez mais flexível, por isso é preciso estudar como atender de forma eficaz a essa demanda do cliente com um custo menor.

Para a manufatura enxuta, a flexibilidade é o pré-requisito mais importante porque permite o uso de menos recursos e elimina o desperdício. Além disso, ajuda a melhorar continuamente o processo de produção e a alcançar maior desempenho.

2.11 PADRONIZAÇÃO DO TRABALHO E ESTABILIDADE

Dennis (2008) destaca que a padronização e a estabilidade da produção são necessárias para permitir uma adaptação mais fácil e natural ao mercado, o trabalho padronizado é uma ferramenta para desenvolver e melhorar os métodos. A aplicação das ferramentas estatísticas para controlar e avaliar a estabilidade dos processos vem crescendo muito nos últimos anos. O Controle Estatístico do Processo (CEP) consiste de um conjunto de ferramentas para resolução de problemas, alcançar a estabilidade e melhorar a capacidade de processos produtivos, por meio da redução da variabilidade presente nesses processos (MONTGOMERY, 2004).

2.12 TRABALHO DE PADRONIZAÇÃO: CONCEITUAÇÃO E OBJETIVAÇÃO

Dennis (2008) sugere que o trabalho padronizado é a melhor forma de desenvolver, validar e melhorar os processos. Um processo nada mais é do que um conjunto de etapas de ação com objetivos claramente definidos. Nenhum método jamais será perfeito, pois sempre haverá espaço para melhorias, sempre haverá mudanças. Os esforços de padronização estão mudando constantemente.

Todas as atividades devem ser descritas em termos de conteúdo, sequência de ações, duração da atividade e resultados esperados. O principal objetivo deste detalhe é tornar qualquer desvio padrão facilmente detectável para que sua causa possa ser tratada imediatamente. O trabalho padronizado é projetado para atribuir o máximo possível de operações aos trabalhadores para que eles possam produzir no prazo esperado do cliente com os níveis de estoque mais baixos possíveis e com perdas mínimas.

Fazinga e Saffaro et al. (2012) afirmam que o trabalho de padronização se expressa por meio de três elementos:

- Hora da conversa: relacionada aos objetivos que devem ser alcançados, produzida apenas de acordo com a demanda do mercado;
- Sequência de trabalho: componentes dos métodos de trabalho;
- Inventário de Processo Padrão: As restrições de padrão de estoque podem estar relacionadas a restrições de produção, representando restrições definidas

sobre como o trabalho será executado no tempo associado à demanda, mas respeitando as restrições de retenção de insumos pendentes de processamento na próxima estação de trabalho.

Mas é importante observar que a produção é voltada para o cliente, portanto, a única maneira de aumentar a eficiência é reduzir a mão de obra. Nesta ideia, o trabalho deve ser redistribuído para atender às necessidades de eficiência, eliminando as atividades que impedem a melhoria.

A tarefa administrativa da construção civil é dificultada por diversas peculiaridades do setor: como produto único, pois cada empreendimento possui um produto diferente em cada construtora; a execução organizada do empreendimento é temporária e dura apenas até o fim da obra; a diversidade de insumos e fornecedores, e a alta volatilidade de preços que dificultam a parceria com fornecedores e o uso intensivo de mão de obra; falhas de planejamento, tornam difícil alcançar resultados previsíveis e repetíveis, ou seja, processos produtivos estáveis. Ao contrário, os projetos de construção civil nascem e se desenvolvem em um ambiente altamente incerto e com grande variabilidade.

Essas características, aliadas a falhas de gestão (boa parte das escolas de engenharia no Brasil não possuem uma boa interação com o mercado de trabalho como em outras escolas de engenharia, por exemplo, a francesa, em que ao realizar um intercâmbio acadêmico foi observado pelo autor deste trabalho, que a graduação era muita mais simbiótica com o mercado de trabalho do que a escola de engenharia brasileira, o estudante francês deveria realizar um semestre inteiro, pelo menos de estágio, e para finalizar o curso, o trabalho de conclusão de curso era uma espécie de relatório de estágio).

2.13 VANTAGENS DO TRABALHO PADRONIZADO

O uso em larga escala de trabalho padronizado não é acidental. Para Fazinga e Saffaro et al. (2012), a padronização do trabalho traz uma série de benefícios que, além da economia, também podem resolver questões de produtividade:

- Kaizen: Sem um trabalho padronizado, não há como estabelecer melhorias claras, pois não há parâmetros para comparação. Quando os processos estão estáveis, podemos melhorar;

- Estabilidade do processo: Ao estabilizar o processo, podemos alcançar a repetição, o que ajudará a estabelecer metas como produtividade, custo, qualidade do produto ou serviço produzido, segurança, etc.;
- Aprendizagem organizacional: experiência padronizada de desenvolvimento, saída de funcionários, permanência do conhecimento na empresa;
- Treinamento: Quando os cargos são padronizados, fica mais fácil treinar novos funcionários, pois existe um modelo de trabalho a ser seguido. Dessa forma, à medida que os funcionários se familiarizam com as atividades, a execução das atividades torna-se natural e novas contribuições podem ser feitas à medida que as atividades se profissionalizam. Além disso, o treinamento de processo ajuda a responder às necessidades em constante mudança;
- Participação dos funcionários: Nos sistemas enxutos, as equipes de trabalho participam da padronização dos processos com base em sua experiência na execução dos serviços, auxiliando os supervisores e engenheiros na criação de procedimentos para a execução dos serviços. Conforme mencionado no item anterior, os trabalhadores também fornecem à empresa sugestões de baixo custo para melhorar os processos existentes de forma muito simples;
- Uma visão de onde começa e termina um processo: essa equipe, aliada ao conhecimento de nossa cadeia de produção, ajuda a monitorar nosso status de produção. Se ele se encontra atrasado ou adiantado, se possui algum problema.
- Auditoria de Assuntos: A padronização do trabalho facilita a avaliação do estado atual do processo e a identificação de possíveis problemas.

Assim, observou-se que a padronização do trabalho traz benefícios para a produção, que podem ser utilizados como estratégia de mercado competitivo tendo em vista que as empresas podem produzir produtos melhores e mais eficientes.

2.14 ESTABILIDADE

Dennis (2008) afirma que podemos conceituar a estabilidade como um estado de previsibilidade, garantido pela disponibilidade ininterrupta do que eles chamam de 4Ms: materiais, mão de obra, máquinas e métodos; garantindo assim a previsibilidade do resultado. Cultivar a estabilidade também é uma base importante para muitos

processos de pensamento Lean.

A estabilidade é necessária para que o fluxo não seja interrompido, o que é um conceito jidoka. De acordo com o pensamento Lean, a estabilidade deve ser mantida ao longo do processo produtivo, o que significa entender como as falhas nas atividades da cadeia de valor se propagam ao longo do processo.

Kamada (2008) pondera que há evidências de estabilidade, ou falta dela, na produção: quando é possível produzir de acordo com o airtime com o mínimo de desperdício possível, com a máxima qualidade e sem comprometer a segurança dos envolvidos, ao menos 95% da implementação planejada e a capacidade de recuperar quaisquer atrasos durante o tempo de chamada.

2.15 ESTABILIDADE DE MATERIAIS

Dennis (2008) afirmou que a estabilidade do material é alcançada de forma a evitar interrupções de fluxo devido à ausência destes. Ou seja, o material deve estar disponível no posto de trabalho no tempo necessário e na quantidade necessária.

Para o pensamento enxuto, além de evitar a falta de materiais, também é necessário evitar desperdícios e reduzir lead times, cadeias produtivas e fluxos de valor entre o pedido e a entrega. O pensamento enxuto simula um processo produtivo integrado, com foco no fluxo produtivo, produzindo pequenos lotes, o que não favorece uma produção em larga escala, sendo necessários estoques menores. No entanto, essa redução só pode ser alcançada com melhorias no transporte de materiais, verificações e inspeções de entrada e saída de materiais e sincronização da produção.

Para o Sistema Toyota de Produção, o estoque é o principal fator de perdas e desperdícios no sistema produtivo. Segundo esse pensamento, os estoques são resultado de processos ineficientes, causados por altos tempos de setup, produção desbalanceada entre as células de trabalho e processos fora de sincronia. Acredita-se que os estoques compensam as ineficiências e que sua simples eliminação não corrige suas causas. Somente encontrando e tratando as causas e estabilizando o processo produtivo é que as reduções de estoque podem ser adequadas e trazer benefícios reais para a cadeia de valor e resultados operacionais.

2.16 ESTABILIDADE TRABALHISTA

De acordo com Dennis (2008), alcançar a desejada estabilidade da força de trabalho começa com a seleção. Devem ser selecionadas as pessoas certas para realizar as atividades necessárias, pessoas adequadas ao modelo organizacional da empresa e às suas necessidades. Durante o processo de seleção, deve-se atentar para as competências exigidas, pois a mão-de-obra necessária para cada processo deve estar disponível em termos de qualidade, disponibilidade e quantidade. Só depois disso é que se foca na formação e qualificação da equipe.

O treinamento deve ser baseado em processos padronizados, que fornecem a base para que os trabalhadores saibam o que fazer, quando e como fazer. No caso da construção civil, o treinamento da mão de obra deve ser mais rigoroso, pois grande parte do processo está nas mãos dos trabalhadores, que são eles próprios os maiores causadores de paralisações de processos.

2.17 ESTABILIDADE DA MÁQUINA

Dennis (2008) afirmou que somente com demanda estável do cliente e processos capazes, a disponibilidade do equipamento pode garantir a estabilidade relacionada à máquina. No entanto, o principal mecanismo para garantir uma vida longa e estável de uma máquina é por meio de manutenção regular e preventiva.

Com a manutenção preventiva, os problemas podem ser antecipados e as alterações notadas antes que a máquina quebre, minimizando o tempo de inatividade da máquina. Por isso, é necessário um treinamento adequado para os funcionários que realizam a manutenção preventiva.

2.18 ESTABILIDADES DO MÉTODO

A padronização é a base para a implementação de melhorias, pois sem padrões não é possível detectar desvios. A norma deve especificar o objetivo da tarefa e os procedimentos que devem ser seguidos para atingir esse objetivo.

Os seguintes benefícios da padronização podem ser citados: estabilidade do processo (permite duplicação e evita desperdícios); aprendizado organizacional

(geração repetida de experiência e conhecimento); engajamento dos funcionários; melhoria contínua; conhecimento mais preciso do status da produção (desde que haja mais desvio); treinamento.

Assegurando esses 4 linhas estáveis, o conceito Jidoka se torna mais previsível, garantindo a fluidez da produção. Material, mão de obra, máquinas e métodos sob controle operacional.

3 PRODUTIVIDADE DO SEGMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

A estrutura de produção de um canteiro de obras apresenta algumas diferenças em relação à produção de uma fábrica. O primeiro ponto é que a construção civil geralmente é uma indústria nômade, pois toda a estrutura de produção é transferida para o canteiro de obras, mudança que ocorre a cada novo produto. O segundo ponto é sobre o fluxo de funcionários. Em uma indústria convencional, os produtos passam pelo processo de produção. Na indústria da construção civil, são os funcionários que movimentam o produto (VENTURI, 2015).

Além disso, a indústria é complexa. É formado por empresas de todos os tamanhos, desde empresas especializadas em serviços de mão de obra, gerentes de construção, construtoras, empreiteiras e até abrangendo setores industriais como fornecedores de materiais, a variedade é enorme, por exemplo no canteiro de obras em que se realizará o estudo. Existem empreiteiros com mais de 100 funcionários até empresas familiares com pouco menos de 20 funcionários. Além do aumento da tecnologia e das formas de gestão, equipamentos, técnicas construtivas e materiais também vêm sendo aprimorados continuamente. Existe certa resistência neste setor justamente por ser um dos setores industriais mais antigos e tradicionais.

A construção civil é uma indústria de projetos singulares, são projetados de forma única e exclusiva para cada cliente em particular com diferentes requisitos para diferentes locais. Tendo em vista seu caráter único, todo produto é uma espécie de protótipo, ou seja, não há repetibilidade, seja pelas necessidades e prioridades do cliente, por distinção de terrenos e arredores ou ainda pela visão de diferentes projetistas sobre a melhor solução de projeto. (KOSKELA, 2000).

De maneira geral, a construção civil tem se caracterizado pela absorção de mão de obra não qualificada, muitas vezes com pouca ou nenhuma escolaridade. As empresas muitas vezes consideram o treinamento ainda um custo enorme, então os funcionários acabam aprendendo os métodos de produção na hora. A informalidade no setor cresceu desde 2013, passando de 6,6% em 2017, o que significa que US\$ 4,1 bilhões em impostos deixaram de ser arrecadados (SANTOS, 2017).

Os fatos listados acima levam a uma qualidade de construção abaixo do padrão, baixa produtividade, uso intenso de mão de obra e altos índices de perda e

retrabalho. Diante desse cenário, os conceitos enxutos estão sendo aplicados na indústria para atender a essa necessidade de desempenho e qualidade, atendendo a demandas cada vez mais exigentes da sociedade, seja por pressão governamental ou cívica, as construtoras cada vez mais se preocupam em obter certificações, por exemplo ISO 14000, estão reunidas uma série de orientações sobre auditorias ambientais, avaliação do desempenho ambiental e análise do ciclo de vida dos produtos.

A produtividade pode ser entendida como a relação direta entre os produtos produzidos pelos recursos necessários à produção e pode ser medida por sua capacidade de gerar ou agregar valor (SINDUSCON, 2015). Portanto, aumentar a produtividade da construção civil significa fazer mais com menos, por exemplo, utilizando menos recursos de mão de obra, material ou tempo para obter o mesmo produto.

No entanto, Zang (2012) aponta que a produtividade na indústria da construção é difícil de medir porque é afetada por múltiplos fatores e eles interagem. Assim, o tema da produtividade pode ser estendido à eficiência das construtoras, incorporadoras, à relação com a macroeconomia e ao impacto da construção civil na produtividade geral da economia.

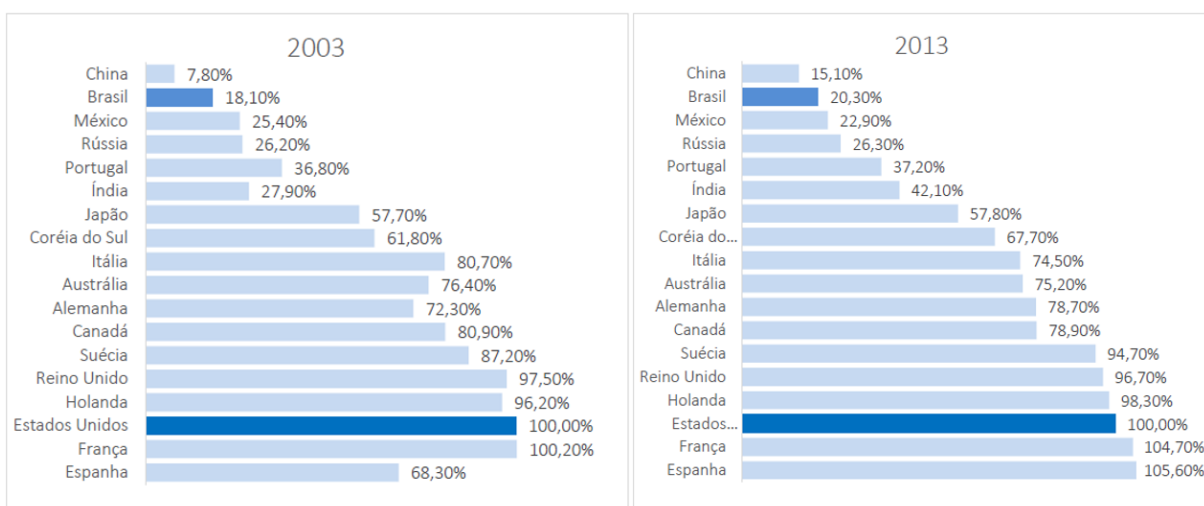
Um estudo da FGV/IBRE e do SINDUSCON-SP levantou dados sobre a produtividade da construção civil segundo fatores de emprego. Portanto, a produtividade é estimada usando horas trabalhadas ou número de funcionários de 2003 a 2013. Com base nos dados de produtividade da indústria de outros países, podemos simultaneamente comparar internamente a evolução da produtividade neste período. Sincronizado com o cenário internacional. Por esta razão, esta análise é baseada na produtividade dos Estados Unidos, expressa em 100%, e a produtividade dos outros países da amostra é baseada neste índice de produtividade.

Considerando que o mercado imobiliário é considerado uma das principais fontes de investimento no mundo, a produtividade da construção civil é a base do crescimento econômico. No entanto, a produtividade na construção civil está quase sempre abaixo da média econômica. Como pode ser observado pelos dados coletados entre os países para este estudo apresentado na Figuras 3, existem diferenças na produtividade da indústria da construção civil em comparação com a produtividade da economia global ao longo do período analisado. Em média, o

diferencial de produtividade na construção civil aumentou de 1,4% em 2003 para 11,3% em 2013, sugerindo que as perdas de produtividade nesse setor foram mais severas após a crise financeira de 2008 (SINDUSCON-SP, 2015).

Ainda segundo a mesma pesquisa, no Brasil, a produtividade da construção civil ficou entre 32,5% e 31,7% abaixo da média econômica para o mesmo período. Vale ressaltar que esse percentual é ainda menor se comparado ao valor obtido na média dos países da amostra. Além disso, pode-se constatar que a diferença entre a produtividade global e setorial é maior nos países em desenvolvimento. A Figuras 9 compara as diferenças de produtividade em 18 países, com base no parâmetro de valor de produtividade dos EUA. Em 2003, a produtividade do Brasil caiu para 69,5%, cerca de 71% abaixo da média dos países desenvolvidos da amostra, mesmo após forte crescimento setorial durante a década.

Figura 9 - Produtividade na Construção Civil em 2003 e 2013(WIOD, Conference



Fonte: Board. Elaborado pela FGV, 2015.

Complementando isso, a pesquisa da McKinsey (2015) mostra que a força de trabalho da indústria cresceu 1% ao ano nos últimos 10 anos, em comparação com o crescimento de 2,8% e 3,6% da economia geral do setor industrial. Menos de 25% das empresas do setor conseguem ter o mesmo nível de produtividade de suas economias. Assim, é possível perceber uma dupla lacuna de produtividade. Mesmo em países desenvolvidos, a produtividade na construção é baixa em comparação com a produtividade média. No Brasil, entretanto, diferenças maiores relacionadas aos dois fatores discutidos podem ser observadas. Em 2003, o valor adicionado econômico per capita do Brasil era 77,2% menor do que a média dos países desenvolvidos, enquanto

em 2013 a diferença na indústria da construção chegou a 76,1%.

Uma análise mais profunda da construção civil no Brasil mostra que havia 112 mil empresas ativas em 2013, empregando quase 3 milhões de pessoas. Desse total, 47% eram pequenas empresas, definidas como aquelas com quatro ou menos funcionários. Do valor adicionado de R\$ 170,1 bilhões, o setor de construção respondeu por 40,1% desse valor, enquanto infraestrutura respondeu por 38,6% e 21,3% por serviços profissionais (SINDUSCON-SP, 2015).

Segundo pesquisa do Sinduscon-SP (2015), a pesquisa anual da indústria da construção civil (PAIC), as construtoras de todos os setores obtiveram crescimento da indústria e aumento do valor agregado entre 2007 e 2013: Construção aumentou 79,4%, infraestrutura aumentou 62,2 % e os serviços profissionais aumentaram 94%. Mas há uma grande diferença entre o aumento do valor agregado e o aumento da produtividade.

Como se pode observar, existe uma grande discrepância entre o nível de crescimento do setor da construção e a eficiência da mão-de-obra. Essa discrepância não apenas causará problemas macroeconômicos, mas também levará a uma queda no desempenho operacional das empresas desse setor.

4 LEAN CONSTRUCTION

A construção civil é uma das indústrias mais antigas do mundo. Muitas práticas que ainda podem ser vistas na arquitetura hoje têm raízes na cultura que antecede a análise científica. A partir da década de 1950, foram iniciadas pesquisas para conhecer os problemas surgidos nos processos produtivos dessa indústria, com o objetivo de desenvolver processos mais eficientes (KOSKELA, 1992).

O marco inicial da mentalidade enxuta voltada para a construção civil deu-se em meados da década de 90, com a publicação do trabalho de Koskela :Application of the New Production Philosophy to Construction. Constatando os problemas da construção civil, estando atrasada em relação a indústria em geral, e propôs uma adaptação do Lean Production, esta filosofia de produção que destaca a relevância teórica de princípios básicos relacionados aos processos produtivos, mas agora aplicados na construção civil, o famigerado Lean Construction, que possui os mesmos objetivos da produção enxuta: eliminar perdas, diminuir o tempo de ciclo e reduzir a variabilidade sob a perspectiva de melhoria contínua (KOSKELA, 1992).

A construção civil é classificada como uma indústria de transformação, pois transforma insumos em produtos intermediários ou finais, baseando seu modelo de gestão apenas em processos de conversão, ignorando os fluxos de materiais, trabalho e informações (CATTANI, 2011). Essa defasagem conceitual na gestão da construção tem como consequência direta a alta porcentagem de atividades que não agregam valor nos processos construtivos resultando em baixos índices de produtividade além de alto nível de desperdício de matérias-primas e insumos, más condições de trabalho e desperdícios com mão de obra (CATTANI, 2011). Outra desvantagem da gestão tradicional é dividir o fluxo de produção em processos independentes, cada qual com atribuição de responsabilidade a um especialista, prejudicando a gestão pois não prioriza o fluxo de produção como um todo, alcançando ótimos locais, mas suprimindo o ótimo global (KOSKELA, 1992).

Segundo Formoso (2002), a principal diferença entre as formas tradicionais de produção e a construção enxuta é conceitual. Uma mudança importante que quebra o paradigma é a introdução de uma nova forma de entender o processo, abstraindo a noção de que a arquitetura é simplesmente o resultado da transformação de materiais e substâncias em produtos.

Nesse contexto, Ballard (2002) enfatiza a importância da aplicação dos conceitos enxutos em toda a cadeia produtiva, desde a fase de projeto do produto até o sistema enxuto de entrega de projetos.

Reduzir atividades que não agregam valor na construção civil comumente significa, entre outras coisas, atenuar os desperdícios de matéria-prima e o alto índice de geração de resíduos atrelado, além de reduzir o tempo de ciclo dos processos, dois parâmetros onde a indústria da construção se encontra muito atrás das demais indústrias (SOUZA E ALLEM, 2016). Essas reduções são de suma importância desde o planejamento do empreendimento, pois ao propor o orçamento e o cronograma da obra, já considerando a adoção de práticas lean e suas respectivas reduções de custos com mão de obra e insumos, a obra não só se torna mais viável, mas mais atrativa pela perspectiva do cliente, garantindo à empresa uma vantagem competitiva.

Para garantir a entrega da obra dentro do prazo, com o orçamento e a qualidade estipulados, é necessário planejar e controlar a produção. De fato, Pádua (2014) conclui que não é possível sustentar uma atitude lean se a etapa de planejamento é deficiente ou se o controle é ineficiente, isso equivale dizer que planejar e controlar são condições iniciais para que uma produção lean sobreviva.

Muitas empresas ainda encontram dificuldades em sustentar seu sucesso a longo prazo (GAIARDELLI et al., 2019). Monteiro e Martins (2018) concluem que os fatores críticos de sucesso na implementação da LC são: envolvimento e compromisso da gestão, treinamento, alinhar a filosofia à estratégia do negócio, gestão de mudança cultural, conectar a filosofia com o cliente, abordagem estruturada e seleção e priorização de projetos, habilidades de gerenciamento de projetos, compreensão da metodologia das ferramentas e técnicas.

Diversos autores concluem que os resultados obtidos aplicando os conceitos da filosofia Lean Construction são positivos. Souza e Allem (2016) obtiveram resultados quantitativos significativos, com a implementação de práticas combinadas baseadas nos princípios da Lean Construction, atingindo uma redução de 98% no tempo de ciclo de um processo específico da construção civil analisada. Um processo que antes demorava em torno de 11,51 horas passou a ser feito em apenas 0,239 horas; além desse, um outro processo dessa mesma construção civil, obteve uma redução de 16,30% de material desperdiçado, ao se aplicar práticas lean.

Pádua (2014) compara os resultados obtidos em uma obra antes e após da

implementação de um plano de ação baseado na filosofia LC e concluiu que, de 29,27% das semanas que apresentaram baixo rendimento, 21,95% ocorreram antes da implementação das ações lean, ou seja, aproximadamente 3/4 dos resultados insuficientes se concentram antes das mudanças.

De uma forma geral, Conte (2002) concluiu que é possível obter uma redução média de 20 a 30% do tempo total de construção e reduzir os custos de produção de 5 a 12% em empreendimentos que aplicaram a Lean Construction. Entre os já adeptos da filosofia LC, alguns benefícios são reportados: melhora na segurança, na satisfação dos clientes, na qualidade da construção, na redução do tempo, na produtividade, na lucratividade e no melhor gerenciamento de riscos (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2013).

Em uma visão geral, a construção civil possui muito espaço para evolução, para conseguir ganhos de eficiência alcançados por outros setores industriais.

O embrião desenvolvido por Koskela estabeleceu os princípios básicos na implementação e desenvolvimento da produção lean na construção.

4.1 PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

O trabalho de 1992 de Koskela *Application of New Production Concepts in Architecture* em colaboração com a Universidade de Stanford marcou o início da integração do Lean na pesquisa da construção civil e o estabelecimento do *International Group for Lean Construction - IGLC*, com o objetivo de difundir novos paradigmas arquitetônicos.

Nesta obra, Koskela (1992) estabelece uma nova base conceitual para a aplicação da filosofia na arquitetura por meio de 11 princípios que podem ser usados para projetar processos, controlar processos e melhorar processos. estes são:

Reduzir o que não agrega valor: Eliminar o desperdício é um princípio fundamental do Lean. Os processos podem ser otimizados não apenas aumentando a eficiência das atividades de conversão e processo, mas também eliminando atividades de processo que não agregam valor ao produto final. É importante destacar que, mesmo que algumas dessas atividades não agreguem valor diretamente ao cliente, elas são essenciais para a eficiência geral do processo, como a instalação de equipamentos de higiene e segurança nos canteiros de obras. Segundo Koskela

(1992), esse princípio é uma diretriz fundamental da LC. O autor levantou estudos que evidenciam que atividades que não agregam valor dominam a maioria dos processos em vez de ao contrário; geralmente apenas 3 a 20% das atividades agregam valor e sua participação no tempo de ciclo total é mínima, de 0,5 a 5%.

- Agregar valor ao produto considerando as necessidades do cliente:
- Koskela (1992) elucida como outro princípio fundamental e ressalta que as atividades de conversão só agregam valor se cumprem os requisitos dos clientes. O autor ainda especifica que para cada atividade existem dois tipos de clientes: o cliente final e o cliente interno, isto é, o cliente da próxima atividade. As necessidades do cliente devem ser claramente identificadas para que essas informações façam parte do escopo do projeto e da gestão da produção.
- Reduzir a variabilidade: Existem duas razões para atender a esse princípio segundo Koskela (1992): um produto uniforme possui mais valor sob o ponto de vista do cliente, e, portanto, reduzir a variabilidade deve ir além da mera conformidade com as especificações de produto estabelecidas. Além disso, analisando de forma sistemática, a variabilidade do processo aumenta a parcela das atividades que não agregam valor e conseqüentemente aumenta o lead time, uma vez que as atividades do processo não são padronizadas e podem ser feitas de diferentes maneiras distintas da maneira idealizada mais eficiente, assim, a redução de variabilidade deve ser considerada uma meta intrínseca.
- Tempo de ciclo reduzido: O tempo de ciclo, também conhecido como lead time, é a soma dos tempos gastos em todas as etapas da produção. Segundo Arantes (2008), a redução do tempo de ciclo pode trazer muitos benefícios, como agilizar processos administrativos, entregar produtos aos clientes mais rapidamente, melhorar o aprendizado e melhorar a precisão das estimativas de trabalhos futuros.
- Reduzir o tempo de ciclo: Está diretamente relacionado ao primeiro ponto levantado, ou seja, redução de peças que não agregam valor ao produto. A redução do número de etapas, além de simplificar qualquer processo, também reduz desperdícios, como o excesso de remessas. A filosofia de melhoria contínua visa a redução progressiva do tempo de ciclo a cada melhoria implementada e deve ser proposta conjuntamente com um arranjo

organizacional que possibilite a capacitação dos colaboradores que trabalham diretamente dentro do fluxo, de fato, cada camada em uma hierarquia organizacional aumenta o tempo para corrigir erros e solucionar problemas (KOSKELA, 1992).

- Simplificar através da redução do número de passos, partes ou ligações: Koskela (1992) esclarece que a simplificação pode ser feita essencialmente de duas formas: redução do número de componentes de um produto ou redução do número de etapas do processo produtivo; isto é, por um lado, reconfigurar-se partes que agregam valor e, por outro lado, elimina-se atividades que não agregam. Deve-se implementar a simplificação durante o planejamento da produção, buscando identificar etapas similares, que podem ser agrupadas com pouco ou nenhuma adaptação, garantindo repetitividade e padronização, obtendo ganhos em escala (BERNARDES, 2001).
- Aumento da transparência do processo: Segundo Koskela (1992), a possibilidade de erros na produção pode ser reduzida aumentando a transparência do processo produtivo. A transparência no processo ajuda a identificar falhas e erros. A transparência pode ser alcançada de várias maneiras, segundo Koskela:
 - Reduzir interdependência entre unidades produtivas;
 - Tornar atributos até então invisíveis nos processos explícitos, através de medições claras e objetivas;
 - Remover obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes;
 - Aplicar programas como o 5S para eliminar a desordem do canteiro de obras;
 - Tornar o fluxo observável através de layout apropriado e controles visuais;
- Focar os controles em todo o processo: O controle de todo o processo permite identificar e corrigir desvios que podem impactar significativamente no tempo de entrega da obra (ARANTES, 2008). A utilização de controles convencionais que focam apenas uma etapa ou parte de um processo pode ser onerosa por não considerar o processo como um todo (KOSKELA, 1992). Para alterar o foco de controle local para controle global deve-se medir completamente o processo e criar um cargo responsável para isso (KOSKELA, 1992). Cattani (2011)

corroborar ao afirmar que a nomeação de um flow manager, isto é, uma autoridade responsável pelo fluxo de valor como um todo capaz de superar as barreiras hierárquicas e funcionais da empresa e a criação de medidas e indicadores de desempenho são pré-requisitos ao incorporar a noção de fluxo de valor ao ambiente de produção da construção civil.

- Introduzir a melhoria contínua no processo: Atrelada ao princípio Kaizen, a melhoria contínua permite reduzir perdas e agregar valor na gestão dos processos por meio de melhorias incrementais. Koskela lista algumas abordagens práticas para promover a melhoria contínua:
 - Medir e monitorar a melhoria;
 - Traçar metas, como por exemplo, de redução de desperdício ou redução do tempo do lead time, assim os problemas ficam visíveis e é estimulada a criação de soluções;
 - Compartilhar a responsabilidade de melhorar com todos os funcionários, toda a contribuição deve ser estimulada e recompensada;
 - Ter em mente que o objetivo sempre é atacar as raízes dos problemas e não seus efeitos.
- Equilíbrio entre melhorar o tráfego e a conversão: Para Koskela (1992), o equilíbrio entre melhorias em fluxos ou em conversões deve ser estabelecido através da seguinte regra: quanto maior a complexidade do processo de produção, maior o impacto da melhoria do fluxo; e quanto mais resíduos inerentes ao processo produtivo, mais lucrativa é a melhoria de fluxo quando comparada a melhoria de conversão. Outro aspecto a ser analisado é que geralmente a melhoria de fluxo requer investimentos mais baixos, porém demandam mais tempo. Ao otimizar as campanhas de produção, a conversão e o tráfego devem ser considerados. Como em qualquer processo de produção, existem diferentes potenciais de melhoria nos aspectos de processo e conversão. Em geral, quanto mais complexo o processo de produção, maior o impacto das melhorias de conversão, mais resíduos gerados pela produção e as melhorias de fluxo mais representativas são comparadas às melhorias de conversão.
- Benchmarking: processo de aprender com as práticas adotadas por outras empresas para serem reconhecidas como líderes em uma determinada área.

O benchmarking pode ajudar no processo de melhoria contínua, identificando pontos fortes ou jogando contra empresas de referência no setor, ajudando a obter melhorias de fluxo.

- Para Koskela (1992), ao se realizar benchmarking é necessário:
 - Conhecer como são os processos da sua empresa, avaliar os pontos fracos e fortes dos subprocessos;
 - Conhecer os líderes ou os principais concorrentes do setor ou similares;
 - Identificar, entender e comparar as melhores práticas;
 - Entender os princípios por trás dessas boas práticas;
 - Adaptar as boas práticas encontradas à realidade de sua empresa.

Esses 11 princípios, norteiam a construção enxuta, principalmente por ser o grande estudo pioneiro no setor da construção civil, visando a melhor aplicação das atividades como um todo, em que cada pilar seria a espécie de engrenagem que compoem um sistema, e que para se ter em pleno funcionamento, todo o ecossistema de construção enxuta, precisa estar sendo aplicado.

5 APLICAÇÃO DO LEAN CONSTRUCTION

Neste tópico será abordado o contexto proposto do Lean Construction, descrevendo o canteiro de obra.

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CASO

A fim de verificar construção enxuta em um canteiro de obras, figura 8, foi realizado uma análise em uma obra localizada na cidade de São Paulo. O estudo baseia-se nos princípios do *Lean Construction*, apresentados ao longo deste trabalho, evidenciando suas aplicações, benefícios e projeções futuras, pois ainda está em andamento a construção. Visualizando possíveis problemas no canteiro em questão, captando pontos potenciais de melhora com o auxílio das ferramentas do *lean construction*.

O estudo de caso foi realizado no estado de São Paulo em uma obra executada por uma construtora de grande porte, com um nicho de mercado popular, minha casa minha vida, hoje, casa verde amarela. No desenvolvimento do trabalho a construtora será chamada de empresa X, sendo escolhido este canteiro de obra, pois o autor realizou seu estágio e trabalha atualmente, assim pôde perceber pontos aplicáveis do *Lean*

Figura 10 – Localização do empreendimento



Fonte: Elaboração Própria (2022)

A empresa X possui sede em São Paulo com diversas obras na cidade e no interior paulista, além de inúmeras obras na cidade do Rio de Janeiro, atua no segmento de incorporação imobiliária. A Empresa tem por objeto a incorporação, construção e comercialização de edifícios residenciais. A construtora desenvolve apartamentos no setor de habitação de baixa renda, principalmente para o programa brasileiro de habitação pública (MCMV). A Companhia opera por meio de diversas subsidiárias, contando com mais de 2000 funcionários diretos, realizou seu IPO em 2020 e hoje é uma companhia de capital aberto com papéis negociados no pregão da bolsa de valores, sendo pelo *ranking INTEC* avaliada em as 10 maiores construtora do país.

Situa-se na região noroeste da cidade de São Paulo, no bairro de Pirituba, em que o loteamento abrange a construção de 8 torres altas de 21 andares tipo, 14 apartamentos por andar, envolvendo uma estrutura de transição, térreo ao 1º andar em estrutura convencional e os demais andares em alvenaria estrutural. São 4 fases, em que cada fase possui 2 torres.

A obra foi iniciada em junho de 2021, após 1 ano e meio, hoje, as fases 1 e 2 estão finalizando a estrutura, com prazos de entrega para Maio de 2023 (fase 1 – *Gold Lyne*) e junho de 2023 (fase 2 – *Blue Lyne*), a 3ª fase (*Green Lyne*) em plena estrutura e a 4ª fase (*Silver Lyne*) previsto seu início para março de 2023. Conforme indicado na figura 11, a região conta com ampla infraestrutura viária, ao lado da estação Pirituba do trem, situada na av raimundo pereira guimarães e Av. Paula ferreira, agências bancárias, farmácia, hospital, rede escolar e diversos bares e restaurantes no entorno.

Figura 11 – Foto aérea do empreendimento



Fonte: Elaboração Própria (2022)

O canteiro de obras atualmente foi concebido de tal forma que cada fase, será independente, haverá muros delimitando os lotes, mas atualmente, estão interligadas todas as fases, os caminhões entram por uma portaria e alimentam todo o canteiro. Cada fase possui sua respectiva grua e cada torre conta com uma cremalheira. A medida que as torres crescem as cremalheiras fazem suas ascensões e as gruas suas telescópagens. As cremalheiras instaladas, servem para equipamentos que movimentam cargas e pessoas na vertical, sendo visualizadas pela figura 12.

Figura 12 – Vista do canteiro de obras



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Devido a obra não apresentar estacionamento para os futuros moradores, o canteiro de obras seria praticamente a área construída pelas torres, sendo um canteiro apertado.

5.2 RESULTADOS

Neste tópico será discutido os resultados encontrados na aplicação do Lean

Construction no canteiro de obra, mediante as problemáticas relatadas.

5.2.1 Problemáticas Identificadas

Ao longo da construção, sempre foi observado problemas com armazenamento de materiais, baias de aço, baias de blocos ficavam estocadas onde seriam os anexos dos condomínios, impedindo o avanço simultâneo da construção das piscinas com as torres por exemplo.

A implementação de ferramentas Lean neste canteiro de obras se mostrou bastante intensiva e, como esperado, proporcionou otimização do canteiro para fácil identificação das etapas de trabalho e logística do ambiente de trabalho. De acordo com pesquisas sobre acompanhamento de obra, observou-se que canteiros de obras que seguem essa abordagem podem impressionar nos resultados de inspeção e auditoria (Lean institute Brasil, 2021) além de obter excelentes resultados organizacionais, conseguem garantir bons resultados de trabalho.

Em contato direto na obra, foi observado setores chaves do canteiro de obras, que tinham total ligação com a produção, e que possuíam pontos a serem melhorados, seguindo a linha do Lean Construction, que até então, não haviam sido explorados.

- Blocos estruturais

Por se tratar de uma obra em alvenaria estrutural, uma parte considerável do canteiro é ocupada por blocos, possuindo uma oportunidade de melhora, organização do blocos por tamanhos e resistências estruturais, e conforme sua utilização, uma distribuição na laje, ou seja, quantos paletes de bloco são realmente necessários em uma laje e sua distribuição nela.

- Aço

A baia de aço não havia separação por tamanho e bitola, fazendo com que o encarregado perdesse tempo procurando o aço que desejava para subir para a laje, perdendo tempo dele, do sinaleiro e da grua em acompanhar o serviço, equipamento extremamente caro.

- Materiais diversos

Por conta de um problema de espaço no canteiro, diversos materiais eram distribuídos nos térreos das torres ou nos 1º pavimentos e muitas vezes os materiais ficavam misturados, sem algum critério de triagem, caixilhos de tamanhos diferentes

no mesmo espaço, pisos cerâmicos de lotes diferentes misturados etc.

- Almojarifado

Os materiais e ferramentas guardadas nesse local, não seguiam um padrão organizacional, muito menos identificação, dificultando na hora de entregar o material/ferramenta para algum funcionário, fazendo ele esperar e conseqüentemente perder tempo de produção, além do problema de leitura de estoque, já que os materiais não tinham certo nível de organização, dificultava saber quanto desse material tinha de fato.

- Comunicação

Informações referente as metas do mês, qual estágio da obra está, quais seriam os próximos serviços a iniciarem, essas informações ficavam retidas apenas para o pessoal da engenharia, engenheiros e estagiários. Se perguntasse para pedreiros ou carpinteiros da obra, a maioria não saberia dizer.

O cronograma da obra não estava acessível para os envolvidos no processo, e muitos não se sentem pertencentes do mesmo, por exemplo, ao ser entrevistado 2 porteiros da obra, que liberam o acesso ao canteiro de inúmeros caminhões, ambos não se sentiam pertencentes do processo como ao todo, por mais que os porteiros fossem pertencentes indiretamente do processo.

Outra faceta da comunicação seria a falta de planejamento quanto ao armazenamento de materiais, o almojarife muitas vezes não sabia quais materiais iriam chegar ao longo da semana, não tendo tempo hábil para se programar e destinar o melhor local para acomodar tal material, visto um canteiro de grande porte o volume de entradas é enorme e a organização é de suma importância.

A obra já estava em andamento, quando foi dado esse início do pensamento Lean, a proposta então foi aplicar as ferramentas na medida do possível e como espécie de um embrião, para que em uma futura obra, ser aplicado desde o início, lembrando o fato de que a maioria das pessoas envolvidas estavam em sua Lean.

5.2.2 Proposta De Resolução Aos Problemas Identificados

O problemas expostos anteriormente, foram analisados e postos em processo de melhoria sob a óptica do Lean Construction, que girou em torno de 5 meses de implementação inicial, em que foi aplicado a ideia do 5S, conforme exposto a seguir:

5.2.2.1 Seiri (Separar)

Estudo da quantidade de blocos que se faz necessários para fazer 1 pavimento tipo, e a quantidade de paletes de cada tipo de bloco, evitando sobras na laje, pegando a quantidade de projeto e acrescentando uma margem de perda, devido a quebras.

Podendo ser observado pela figura 11, a distribuição ideal de paletes de blocos de tijolos estruturais na laje, de acordo com a paginação da alvenaria. Diminuindo o desperdício por processamento sem valor agregado, movimentação desnecessária, e transporte, dessa forma tendo um ganho de produtividade, o ciclo de alvenaria seria predominante em atividades que geravam valor de fato.

Figura 13 – Vista da laje com os paletes de bloco



Fonte: elaboração própria (2022)

5.2.2.2 Seiton (Organizar)

Criado um layout, de melhor distribuição dos paletes na laje, afim de diminuir a distância entre o local que se faz a necessidade para determinado tipo de bloco. Antes de simplesmente iniciar o abatecimento como antes, o layout foi baseado em um

estudo prévio das paginações de alvenaria estrutural.

Dessa forma, passou a subir para a laje a quantidade suficiente de paletes, evitando movimentações desnecessárias de blocos pra subir ou para descer da laje com a grua, após finalizar o pavimento tipo, e com a quantidade de blocos ideais, distribuídas na laje, reduziu as movimentações horizontais com as paleteiras hidráulicas. Estando organizados na laje, sendo mais uma oportunidade de diminuir o desperdício por processamento sem valor agregado, movimentação desnecessária, e transporte, como ilustrado na figura 14:

Figura 14 – Marcação da 1ª fiada de blocos



Fonte: Elaboração Própria (2022)

5.2.2.3 Seiso (Limpar)

Manter somente os materiais necessários nos ambientes de trabalho, tornando um ambiente mais limpo e organizado, evitando ao máximo restos de materiais acumularem, sem restos de madeirites ou escoramentos jogados no piso, uma aplicação do Just in time, estando somente o necessário no tempo, para cada serviço ser realizado, conforme indicado na figura 15, resultando em um ambiente limpo e organizado, ou seja, minimização dos resíduos.

Figura 15 – Vista do piso térreo limpo



Fonte: Elaboração Própria (2022)

5.2.2.4 Seiketsu (Padronizar)

Fazer com que esses processos se tornem procedimentos de trabalho, de forma a manter uma área limpa e organizada. Não bastando apenas ser um evento, tais medidas implementadas, mas algo rotineiro, um compromisso a ser seguido, estabelecendo padrões com as atividades que são rotineiras, por exemplo, são 21 andares tipo, então tem uma rotina de abastecimento com a mesma quantidade de blocos, argamassa entre outros materiais, que devem ser seguidos o padrão de quantidade e ordem a ser executada tal tarefa, conforme explicado anteriormente, no tópico de padronização do trabalho e estabilidade do trabalhador e da máquina.

5.2.2.5 Shitsuke (Disciplina)

Execução das etapas anteriores se tornarem rotina.

A baia de aço foi repensada de uma forma para que fosse mais organizada, e possuir fácil leitura de estoque, conforme ilustra a figura 14, em que as barras de aço estão separadas conforme suas características.

Após essa etapa de implementação, foi detectado com clareza outro problema, o fornecimento de aço não era conforme a obra precisava. Foi visto que o recebimento de aço era conforme a siderúrgica queria e não como a obra precisava naquele determinado momento. Chegava carregamentos de uma determinada bitola que naquela semana não era prioridade, ou uma certa carga que era prioridade em uma

determinada semana mas só chegava em outra(a obra ainda está em andamento e tal ponto está sendo retratado com o atual fornecedor de aço e uma possível constatação de resolução de tal problema ficará evidente em uma sugestão de trabalho futuro).

Figura 16 – Baía de aço

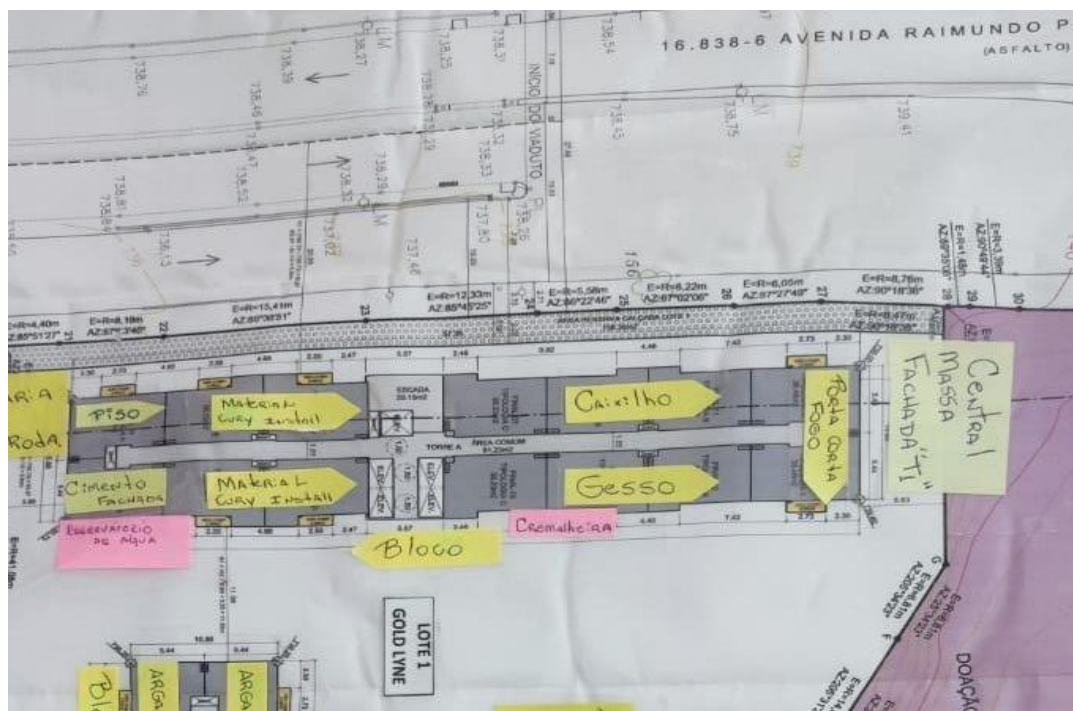


Fonte: elaboração Própria (2022)

Com um *layout* do canteiro em mãos (implantação geral da obra impresso), foi realizado a disposição de materiais, tornando o estoque mais organizado, com os materiais possuindo sua devido setor. A disposição dos materiais foi posto conforme local mais perto da sua utilização, ou locais chaves, para diminuir as movimentações desnecessárias, conforme ilustra a figura 15. Na figura, é possível observar, onde ficava localizado os equipamentos, como grua, serra de corte e cremalheiras e com cores distintas de materiais. Assim, foi escolhido os materiais que precisassem subir nas torres por cremalheria foi pensado para se localizar perto dela, materiais içados pela grua ficariam perto da área de içamento, diminuindo o tempo de deslocamento e consequentemente ganhando em produtividade.

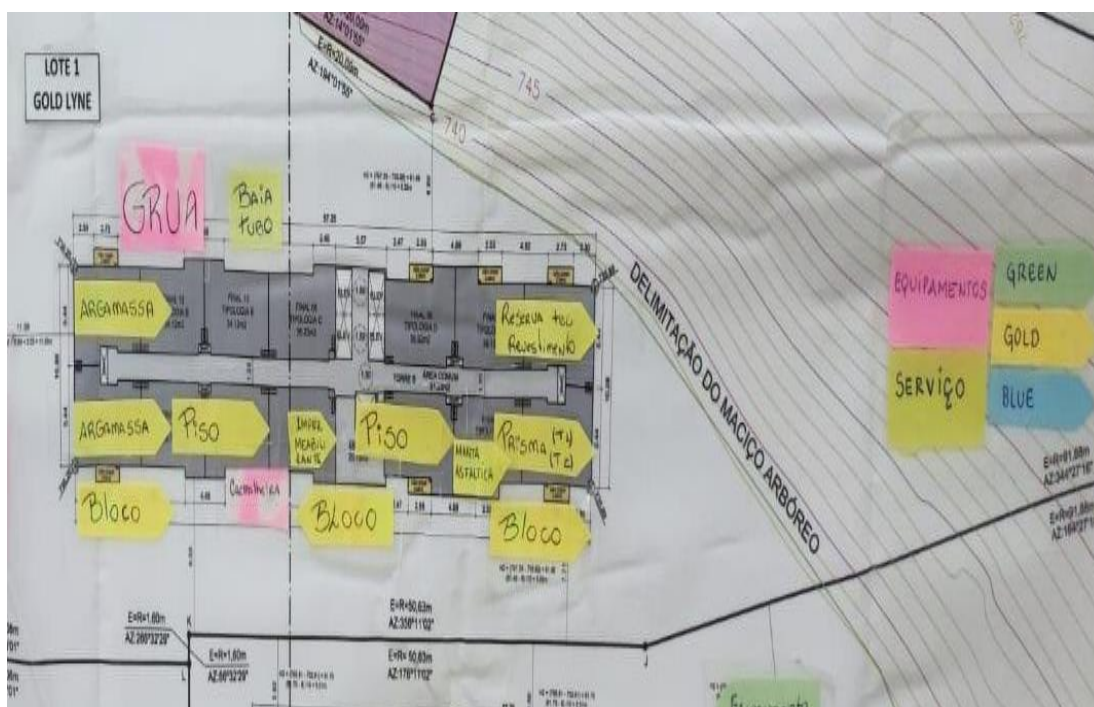
Com esse mapa de materiais, figuras 17 e 18, todos sabiam onde ficavam armazenados os produtos, e de forma clara e disciplinar, era realizado o acompanhamento do estoque dos materiais, resgatando o conceito de estabilidade, de materiais e equipamentos.

Figura 17 – Implantação geral 1 dos materiais



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Figura 18 – Implantação geral 2 dos materiais



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Materiais que tinham volumes diários altos de movimentações foram postos mais externamente das torres, já materiais que saiam esporadicamente, como por

exemplo caixilhos, eram armazenados mais no interior da torre, conforme ilustra as figuras 19.

Figura 19 – Armazenamento de caixilhos



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Tal ideia se estendeu ao almoxarifado, repaginando o local, em que o controle de estoque foi facilitado, houve melhor fluidez de informação, realizando uma programação semanal de entregas, o almoxarife conseguia se articular para manter organizado o local, já que passou a saber o que chegaria na semana, e ao entrevistá-lo houve uma melhora de motivação, o mesmo se sentiu mais motivado, em um ambiente de trabalho agora mais organizado e limpo.

Materiais que possuíam um maior fluxo de saídas foram repensados para situar-se mais perto da porta, e materiais que não saiam com tanta frequência ficaram mais longes, dessa forma, houve um ganho em relação ao tempo de deslocamento do almoxarife.

Foi elaborado kits de materiais previamente separados, poupando tempo do funcionário que esperava tais materiais, já que passaram a ser separados.

Figura 20 – Almoxarifado



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Com essas notórias melhorias, foi adotado também uma melhoria no campo da comunicação, passou a se realizar reuniões, indicado na figura 20, rápidas, para não tomar muito o tempo, com o intuito de passar quais problemas, dificuldades foram enfrentadas no dia anterior, para entrar em contato com os responsáveis e tentar solucionar, envolvendo os líderes de cada frente de serviço.

Semanalmente, foi abordado a leitura de um planejamento evolutivo, visualizando o fluxo contínuo dos serviços, com uso da linha de balanço, e determinar as tarefas diárias para a próxima semana, conforme figura 19, assim, todos se sentiam mais pertencentes do processo, e se tornando mais palpável se o dia foi produtivo ou não.

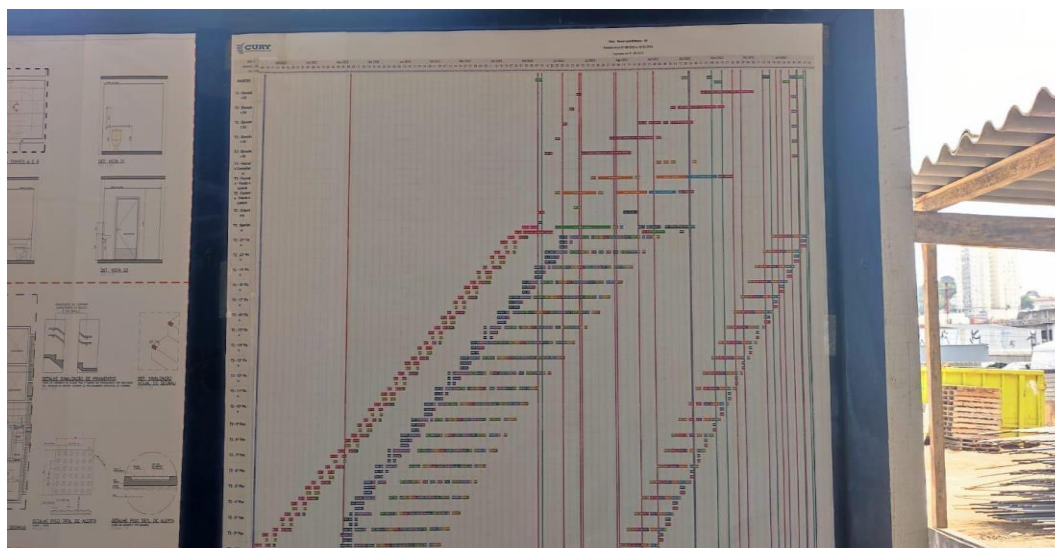
Com uma gestão visual do efetivo diário, conforme figura 21, possuindo um aumento da transparência do processo.

Figura 21 – Quadro do efetivo diário dos funcionários

		EFETIVO DIÁRIO CURY INS		NOVEMBRO 2022																																	
		Obra: Lyne-Pirituba																																			
		FUNÇÃO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
NR	NOME																																				
1	João Paulo A. Bayma	Almoxarife	OK	OK	S	D	OK	OK																													
2	Jose Vicente Ramon Neto	Enc. Elétrica	OK	OK			OK	OK																													
3	Enomildo Silva Vieira	Lider de Hidráulica	OK	OK			OK	OK																													
4	Adilson Borges de Oliveira	Lider de Elétrica	OK	OK			OK	OK																													
5	Josellon Szejda da Silva	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
6	João Leite Torres Neto	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
7	Sidicley Nogueira Souza	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
8	Vanderley Cardoso Lima	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
9	Silvestre Rodrigues da Silva	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
10	Marcos Augusto Ferreira	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
11	Sommano Nunes Ferreira	Encanador	OK	OK			AT	AT																													
12	Jaime Sousa Silva	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
13	Jose Rodrigues dos Santos	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
14	Jaime Rocha	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
15	Johnson de Oliveira Pereira	Encanador	E	OK			OK	OK																													
16	Jose Felipe Silva Soares	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
17	Helando dos Santos Moura	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
18	Jose Wilson da Silva	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
19	Vagner Carvalho de Souza	Encanador	OK	OK			OK	OK																													
20	Jose Robinson Cavaleiro	1/2 Oficial de Hidráulica	OK	OK			OK	OK																													
21	Jose Francisco dos Santos	Eltricista	OK	OK			OK	OK																													
22	Alexandre Lemos de S	Eltricista	OK	OK			OK	OK																													
23	Edilson Souza de S	Eltricista	OK	OK			OK	OK																													
24	Wellington Ferreira de Oliveira	Eltricista	OK	OK			OK	OK																													
25	Primitivo Lemos dos Santos	Eltricista	OK	OK			OK	OK																													

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Figura 22 – Fluxo de atividades programadas na obra até seu término



Fonte: Elaboração própria (2022)

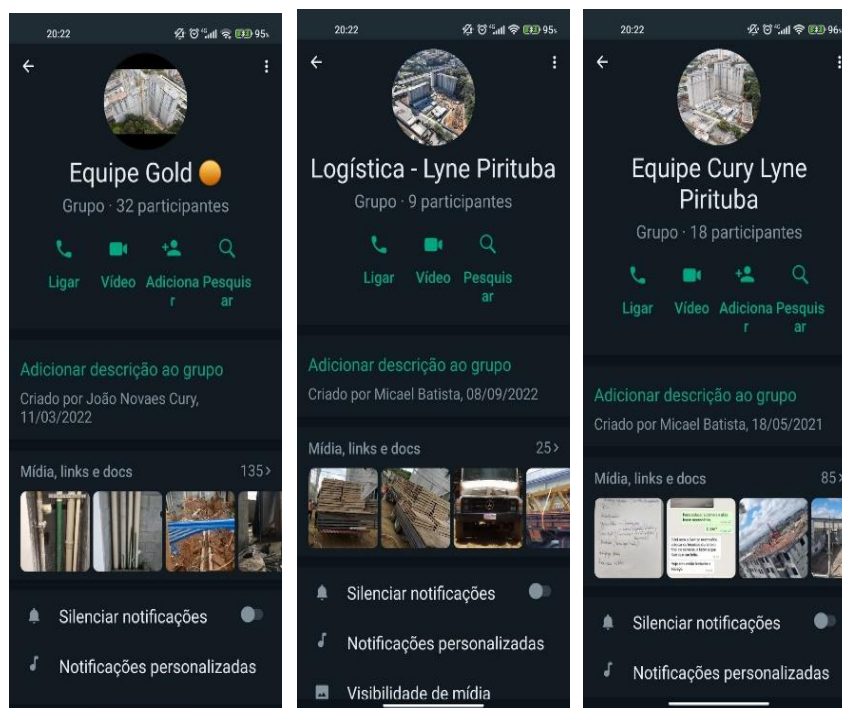
Outras ideias ao longo do processo foram surgindo e sendo implementadas, introduzindo a melhoria contínua no processo, como grupos de WhatsApp, indicado na figura 23, alguns grupos do WhatsApp, com participantes os líderes de cada empreiteiro que atua no canteiro, que quando precisar de alguma ajuda, seja liberação de serviço etc, poderia acionar o grupo, facilitando a comunicação. Tornando o processo uma melhoria contínua.

Figura 23 – Reunião semanal



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Figura 24 – Grupos de Whatsapp



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Foto de grupos da obra, para meio de comunicação mais rápida e eficiente.

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a aplicação das propostas de resolução, foi observado uma minimização da distância entre locais de descarga e os respectivos locais de utilização dos materiais, assim a obra passou a ter um arranjo físico mais eficiente, existindo evidências de redução de atividades de movimentação, como por exemplo, antes o ciclo de construção de uma alvenaria estrutural de um andar tipo durava 5 dias, em média, passou a ter 4,5 dias, com a mesma quantidade de pedreiros, esse 0,5 dia, permitiu que entrasse antes os preparativos de execução da laje adiante, tal ganho foi oriundo da diminuição de atividades que não geravam valor agregado, movimentações desnecessárias, vindo de encontro ao que a produção enxuta prega, que para se ter mais produtividade não necessariamente é necessário aumentar o efetivo mas sim, diminuir as atividades que não agregam valor na produção.

O canteiro evoluiu em aspecto de organização, conforme ilustrava os pilares pregados por Koskela em 1992, fluindo melhor o tráfego e a conversão observados

nas imagens a seguir:

Figura 25 – Alvenaria: Antes x Depois

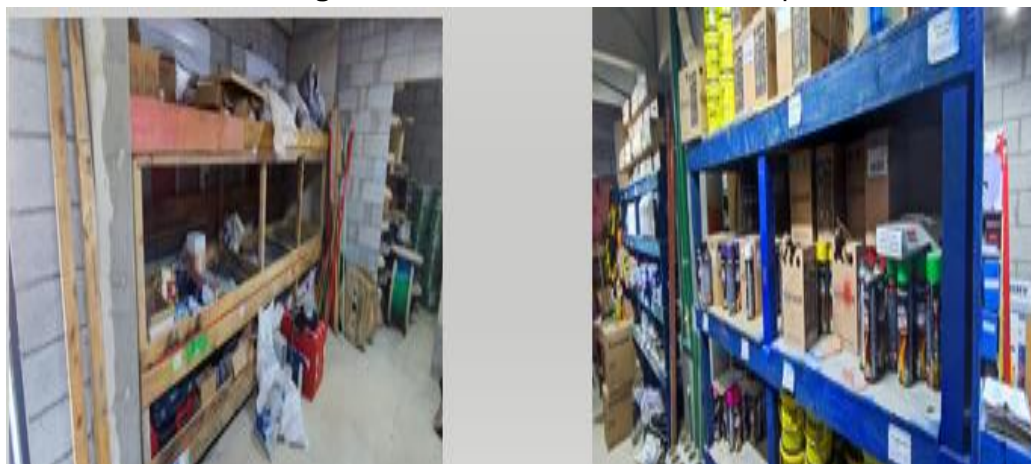


Fonte: Elaboração Própria (2022)

Figura 26 – Baía de aço: Antes x Depois



Fonte: Elaboração própria (2022)

Figura 27 – Almojarifado: Antes x Depois

Fonte: Elaboração própria (2022)

Uma característica muito importante se observou, o canteiro de obras em questão possui mais de 200 trabalhadores, das mais diversas origens, e muitos não possuem certo grau de instrução acadêmica, então muitas dessas ferramentas delimitadas e estudadas, na prática foram aplicadas conforme a linguagem da obra, uma ideia similar ao de Freire, (2006, p. 56) "Não basta saber ler que 'Eva viu a uva'. É preciso compreender qual a posição que Eva ocupa no seu contexto social, quem trabalha para produzir a uva e quem lucra com esse trabalho." Ou seja, não foi entrado no mérito de explicar muito o porquê do 5s, ou a origem do *Lean*, procurou-se ser mais simplista e fazer com que o funcionário comprasse a ideia, convidando ele a pensar junto e propor melhorias em sua tarefa por exemplo, já que, como um fundamento do *Lean*, é de que, o próprio trabalhador sabe quais são as oportunidades de melhorias.

5.4 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ENGENHEIROS CIVIS ACERCA DA VIABILIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Com base no que foi vivenciado pelo autor, algumas recomendações para futuros engenheiros civis acerca da viabilização da construção enxuta:

- Para se ter a plena experiência *Lean*, é preciso criar todo o ecossistema em torno da obra, desde a fornecedores a empreiteiros;
- Fomentar o arcabouço teórico e moldá-lo a realidade do canteiro, pois é dinâmico e único;

- É uma mentalidade que necessita de tempo para colher os resultados mais palpáveis, alguns fatores possuem efeitos imediatos mas que os que surtem mais efeitos são a longo prazo;
- Sensibilidade para ouvir todas as pessoas envolvidas no processo, pois desde um ajudante até ao pedreiro, podem contribuir no canteiro;
- Sempre visar a melhoria, pois sempre um processo construtivo pode melhorar, assim, é de suma importância ser bem relacionado com o mercado, benchmarking é de suma importância;

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo de estudar a metodologia Lean em um canteiro de obras, realizando um breve arcabouço teórico, suas características, origem e ferramentas.

O Lean Construction é uma metodologia criada a partir dos estudos de Koskela, ao adaptar a filosofia Lean para o setor da construção civil. Essa metodologia é muito eficiente em aumentar as atividades de agregação de valor e a reduzir os desperdícios nas atividades e serviços na construção civil. O estudo permitiu verificar o real conceito de valor segundo a interpretação japonesa. Mas esse termo exige atenção, pois se não houver um bom entendimento, pode gerar confusão ao tentar eliminar as atividades geradoras de desperdícios. Para facilitar a compreensão e entendimento dos gestores, Koskela criou os onze princípios Lean, no qual abrange os processos em toda a área da construção.

Com o estudo de caso realizado, chegou-se a conclusão, de modo geral, que ao longo do processo, no canteiro de obras houve ganhos significativos, como o aumento de produtividade, redução de desperdícios de tempo de funcionários e maquinários com deslocamentos desnecessários, aumento na qualidade processada, otimização nas atividades e organização tanto no canteiro quanto nas operações. Isso em consequência, primeiramente, da identificação das possíveis atividades geradoras de desperdícios, e posteriormente, a prevenção do seu surgimento, estabelecendo no processo atividades que agregam valor.

Deteção de problemas que antes não se tinha muita clareza, como o fornecimento de materiais moldados conforme o fornecedor e não como a obra demandava, e uma dificuldade inicial das pessoas envolvidas demorarem a comprar a ideia, seja por medo ao novo, ou achar que do jeito atual que fazem é bom, ou seja, até comprarem a ideia demandou certo esforço.

A aplicação do conceito deixou sua marca positiva de uma forma geral, como sendo a mais marcante dela a diminuição do tempo de ciclo de alvenaria.

É notório que tais melhorias são contínuas, ainda mais em um ambiente vivo, dinâmico como uma obra, muitas das ideias irão ser aperfeiçoadas, ao longo do tempo se houverem interesse de perpetuação da ideia.

6.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este presente trabalho não teve uma pesquisa quantitativa de dados, por conta do caráter inicial de pesquisa, limitando-se aos aspectos qualitativos de aplicação da construção enxuta, bem como não foi possível detectar os impactos no longo prazo.

6.2 POSSIBILIDADES DE TRABALHOS FUTUROS

A partir deste estudo, pode-se concluir que existe um leque enorme de exploração do Lean na engenharia civil, novos estudos acerca do canteiro de obras ainda podem ser explorados como por exemplo:

- A construção enxuta no longo prazo para o mesmo canteiro de obra, afim de estudar os seus desdobramentos;
- O impacto da implantação do Lean em toda a cadeia produtiva, avaliando o quanto positivo ou não pode ser ao obtermos um ecossistema maior em construção enxuta;
- Impacto financeiro da aplicação do Lean Construction;
- O uso do Bim 4d, como base de dados de projeto no canteiro, verificando suas dificuldades, implantação, assertividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, P.. **Lean Construction: Filosofias e Metodologias**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2008.

BALLARD G. **The Last Planner System of Production Control**. Berkeley, California, 2000.

BALLARD G., KOSKELA L., TOMMELEIN I... **The foundations of lean construction**. University of California, Berkeley, 2002.

BERNARDES, M. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 190p

Corrêa, H.L. e Giansesi, G.N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**, Editora Atlas, 1993.

DAVIS, M. **Fundamentos da administração da produção**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FAZINGA, Wanessa R.; SAFFARO, Fernanda A. Identificação dos elementos do trabalho padronizado na construção civil. **Ambient. constr.** [online]. 2012, vol.12, n.3, pp. 27-44. ISSN 1678-8621.

FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Atlas, 2009.

FORMOSO C. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos**. Relatório - Núcleo Orientado para inovação da Edificação. Porto Alegre, 2002.

FREIRE, Paulo. **A educação na cidade**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

FREITAS L. **Fordismo e Pós-Fordismo: mecanismos propulsores do capitalismo**, 2003. Disponível em:
http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/38411/1/ARTIGO_Na%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20Nada%20Se%20Perde%20Tudo%20Se%20Transforma%20Um%20Ensaio%20Acerca%20Da%20Evolu%C3%A7%C3%A3o%20Dos%20Modelos%20De%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf Acesso em: 15 nov. 2022.

FURTADO, J. **Apresentação Kanban**. Disponível em:
<https://pt.slideshare.net/jotafurtado/apresentao-kanban>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

GEHBAUER, F. **Planejamento e gestão de obras**. Curitiba: Editora CEFET-PR, 2002.

GHINATO, P. Jidoka: **Mais do que Pilar da Qualidade**. Disponível em <https://www.leanway.com.br/wp-content/uploads/Paper-03-Jidoka.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2022

GONÇALVES W. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. Dissertação, Universidade técnica de Lisboa, Portugal, 2009.

ISATTO, E.L. et al. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. 177p. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.

JOHNSTON, D. W. Linear scheduling method for highway construction. **Journal of the Construction Division**, v. 107, n. 2, p. 247-261, 1981.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0**. Dissertação (Especialização em Engenharia de Produção para Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KAMADA, S. **Estabilidade na produção da Toyota do Brasil**. Disponível em: https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_86.pdf. Acesso em: maio de 2022.

KOCHAN, T. A. Automotive industry looks for lean production. **Assembly Automation**, v. 18, n. 2, p. 132-137, 1998.

KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report Nº 72, CIFE, Stanford University, 1992.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital**. 2 ed. Compacta São Paulo: Atlas, 2012.

MENDES J., R.; HEINECK, L. F. M. Dados básicos para programação de edifícios com linha de balanço: estudos de casos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC. 1998. v.2 p. 687- 695.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

MOREIRA, M.; BERNARDES S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro, 2012.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEREIRA, Fernando A.; FORNO, Ana J. D.; TUBINO, Dalvio F. A flexibilidade no contexto do desenvolvimento de fábricas inteligentes. **Revista Produção**. [online]. 2008, vol. 8, n. 2. ISSN 1676-1901.

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

SANTOS A. **Informalidade na construção civil causa perda de R\$ 4 bi, 2017**. Disponível em <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/informalidade-construcao-perda-4-bi/>. Acesso em setembro de 2022.

VENTURI J.; **Propostas de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras em Santa Maria**. Trabalho de conclusão de curso. Santa Maria, 2015.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D.C. **Manufacturing Planning & Control Systems**. McGraw-Hill, 1997.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 427 p. ISBN 8535201610

WOMACK, J.; JONES, D. **Mentalidade enxuta nas empresas: lean thinking**. 4ª Ed., Editora Campus, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.

ZANG D. An International Benchmarking and Metrics (BM&M) Model for industrial Construction Enterprise to Understand the Impact of Practices Implementation Level on Construction Productivity. **Jornal Canadense de Engenharia Civil**, 2012.