

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE HONMA MILHAN

**CONSTRUÇÃO ENXUTA: Estudo da Aplicação do Sistema Toyota de
Produção a Engenharia Civil em Estudo de Caso no Município de Pereira
Barreto**

CAMPO MOURÃO

2021

HENRIQUE HONMA MILHAN

**CONSTRUÇÃO ENXUTA: Estudo da Aplicação do Sistema Toyota de
Produção a Engenharia Civil em Estudo de Caso no Município de Pereira
Barreto**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Jucelia Kuchla Vieira Gealh

Coorientador: Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

CAMPO MOURÃO

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

CONSTRUÇÃO ENXUTA: Estudo da Aplicação do Sistema Toyota de Produção a Engenharia Civil em Estudo de Caso no Município de Pereira Barreto

por

Henrique Honma Milhan

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 09h00min do dia 06 de maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

(UTFPR)

Coorientador

Prof. Esp. Evandro Luís Volpato

(UTFPR)

Prof. Dr. Adalberto Luiz Rodrigues

De Oliveira

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Jucelia Kuchla Vieira Gealh

(UTFPR)

Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof^a. Dr^a. Paula Cristina de Souza

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha família que são tudo para mim a todos que também considero parte da família, a todos professores que dedicaram seu tempo a compartilhar conhecimento valioso e a Deus que tornou tudo isso possível.

RESUMO

Este trabalho visa compreender a metodologia enxuta que revolucionou os métodos de produção por meio de ferramentas originadas do Toyotismo e como estas foram aplicadas a construção civil. A base desta metodologia é eliminar desperdícios e manter o aprimoramento constante, contudo originou-se no meio fabril e não atendia as peculiaridades do processo construtivo. Por meio de adaptações às singularidades da construção civil obteve-se o *Lean Construction* que viabilizou o uso das ferramentas *Lean* neste meio. O trabalho apresenta a necessidade do desenvolvimento deste sistema, os métodos de produção antes aplicados, as ferramentas criadas e as adaptações para implementação na construção. Fez-se o estudo de caso e acompanhamento de duas edificações de uma empresa que utilizava processos tradicionais. Na execução da Edificação 1 fez-se somente acompanhamento sem intervir a fim de se identificar os processos tradicionais aplicados. Pontuou-se o que poderia ser otimizado no processo de execução da Edificação 1 pela implementação do método enxuto e na Edificação 2 fez-se as intervenções e alterações aceitas pela administração desta.

Palavras-chave: Construção enxuta. Toyotismo. Otimização na construção.

ABSTRACT

This study object to understand the Lean Methodology that drascctly changed the production methods through tools originated from Toyota Production System and how they were applied to civil construction. The basis of this methodology is to eliminate waste and maintain constant improvement, however it originated in the industrial environment and did not meet the peculiarities of the construction process. Through adaptations to the singularities of civil construction, Lean Construction was obtained, which enabled the use of Lean tools in this environment. The work situates the need for the development of this system, the methods of mass production, the developed tools and the adaptations for implementation in the construction. A case study and monitoring of two buildings of a company that uses traditional processes was carried out. In the execution of Building 1, only monitoring was carried out without intervening in order to identify the traditional processes. It was pointed out what could be optimized in the execution process of Building 1 by implementing the lean method and in Building 2 and it changes were made as accepted by the management of this company.

Keywords: Lean construction. Toyota Production System. Optimizing construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE CONVERSÃO.	20
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO.	22
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE CONVERSÃO NA CONSTRUÇÃO.	22
FIGURA 4 - QUADRO KANBAN UTILIZADO NA OBRA.	25
FIGURA 5 - DEMONSTRAÇÃO DE DIFERENÇAS DE PRODUÇÃO.	26
FIGURA 6 - GERENCIAMENTO DE PROCESSOS: CICLO PDCA.	27
FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO DA REDUÇÃO DO LEAD TIME PELO BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES.	30
FIGURA 8 – PLANTA BAIXA DAS EDIFICAÇÕES 1 E 2.	34
FIGURA 9 – PROJEÇÃO DA FACHADA.	35
FIGURA 10 – EDIFICAÇÃO 1 APÓS CONCLUSÃO DA PINTURA.	35
FIGURA 11 - POSIÇÃO GEOGRÁFICA DA USINA DE CONCRETO MAIS PRÓXIMA DA CIDADE.	37
FIGURA 12 – LAYOUT PRONTO NO DIA ANTERIOR A CONCRETAGEM.	38
FIGURA 13 – DISTÂNCIA ENTRE A EDIFICAÇÃO 1 E A BETONEIRA.	38
FIGURA 14 – LAYOUT NÃO OTIMIZADO USADO NA EDIFICAÇÃO 1.	39
FIGURA 15 – LAYOUT OTIMIZADO EMPREGADO NA EDIFICAÇÃO 2.	40
FIGURA 16 – LAJOTAS QUE SOBRERAM APÓS CONCRETAGEM DA LAJE.	41
FIGURA 17 – TELHAS SENDO DESCARREGADAS.	42
FIGURA 18 – BLOCOS 6 FUROS SENDO DESCARREGADOS.	42
FIGURA 19 – IMAGEM TIRADA DURANTE REUNIÃO.	44
FIGURA 20 – MODELOS DE PAGINAÇÃO SUGERIDOS.	45
FIGURA 21 – ACABAMENTO FINAL DO BANHEIRO DA EDIFICAÇÃO 1.	46
FIGURA 22 – PLANTA COM FALHA.	47
FIGURA 23: PLANTA CORRIGIDA.	47
FIGURA 24 – PREGOS DAS CAIXARIAS COLETADOS NUM COPO.	48
FIGURA 25 – PREGOS DAS CAIXARIAS COLETADOS NUM TIJOLO LAMINADO.	49
FIGURA 26 – MATERIAL RECICLAVEL SEPARADO.	49
FIGURA 27 – DISPOSIÇÃO DO MATERIAL ANTES DA LIMPEZA	50
FIGURA 28 – DISPOSIÇÃO DO MATERIAL APÓS LIMPEZA.	50

FIGURA 29 - MATERIAL ORGANIZADO E BEM ACOMODADO.....51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - DIRETRIZES PARA A MELHORIA NOS SISTEMAS PRODUTIVOS.	23
QUADRO 2 - REPRESENTAÇÃO VISUAL DAS LINHAS DE BALANÇO.	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TPS	<i>Toyota Production System</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
CIFE	<i>Center for Integrated Facility Engineering</i>
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
TCC1	Trabalho de conclusão de curso 1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. JUSTIFICATIVA	14
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
4.1. Sistema toyota de produção	16
4.2. <i>Lean construction</i>	18
4.3. Diferenças entre manufatura e construção	19
4.4. Produção tradicional	20
4.5. Fluxo de produção	21
4.6. Ferramentas <i>lean construction</i>	23
4.6.1. <i>Jidoka</i> - Autonomiação	23
4.6.2. <i>Just In time</i> (JIT)	24
4.6.2.1. Kanban – Sinalização Puxada	25
4.6.2.2. Kaizen – Aperfeiçoamento Contínuo	26
4.6.2.3. Transparência	28
4.6.2.4. Heijunka – Linhas de Balanço	29
5. METODOLOGIA	31
5.1. Classificação da Pesquisa	31
5.2. Materiais e Métodos	31
6. ESTUDO DE CASO	33
7. RESULTADOS	36
7.1. <i>Layout</i> da obra para concretagem de laje	36
7.2. <i>Just in time</i> (JIT) – entrega de materiais no momento certo	40
7.3. Atrasos nos processos terceirizados	43
7.4. Transparencia nos processos	44
7.5. Limpeza do local de trabalho	48
7.6. Otimizar processos com equipamentos	51
7.7. <i>Heijunka</i> – Linhas de balanço	52
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUÇÃO

O método de produção em massa foi um grande salto intelectual e de desenvolvimento mundial, porém, o mercado é um sistema dinâmico e definido a partir das vontades do consumidor que passou a desejar exclusividade e qualidade, logo, este método conhecido por ter alta padronização de peças e processos se tornou ultrapassado (WOMACK; JONES; ROSS, 1992). A partir deste um novo método foi desenvolvido tendo como base o fato da incompatibilidade de aplicação em situações diferentes das que eram encontradas nos Estados Unidos, implementadas por Henry Ford na produção do Modelo T de automóveis (MAXIMIANO, 2004).

Este método é o Toyotismo que é o termo interpretado de *Toyota Production System (TPS)*, que tem como meta aumentar a eficiência da mão de obra, dos processos e diminuir desperdícios a fim de se oferecer um produto ao mercado de alta qualidade e em uma gama variada (MAXIMIANO, 2012).

O Toyotismo tem sua funcionalidade sintetizada na redução dos desperdícios a zero, mas não somente o desperdício material, o desperdício de tempo em processos que não agregam valor ou são desnecessários que anteriormente a TPS não eram considerados como perdas (WOMACK; JONES; ROSS, 1992).

A partir do estudo desta metodologia se clareia a ideia de que os desperdícios não estão somente no material que é jogado fora, mas também, no processo que não é otimizado, seja na mão de obra não eficiente, seja em processos ou em estoques desnecessários (WOMACK; JONES; ROSS, 1992).

Ao entender a visualização do Toyotismo dos processos é possível realizar otimizações de produção que antes não recebiam atenção por não serem consideradas geradoras de valores (OHNO, 1997).

Investir tempo nestas atividades que não agregam valores ao produto final é similar a desperdiçar material, pois a mão de obra está recebendo para desempenhar sua função, e enquanto este se encontra ocioso pela falta de planejamento dos processos, está havendo desperdício de tempo útil deste (WOMACK; JONES; ROSS, 1992).

O método Toyotista, porém, considera apenas o âmbito de trabalho em meio fabril, tornando inviável a aplicação desta metodologia ao ramo da construção civil, por isto, foi necessária uma ramificação do estudo do TPS para adapta-lo e aplicar a

construção a esta adaptação se dá o nome de *Lean Construction* ou construção enxuta (KOSKELA, 1992).

A demanda de mercado passou a necessitar de flexibilidade, qualidade e menores custos, e isso também é verdade para o setor da construção. Logo em meados dos anos 90 surgiu a área de pesquisa que deriva do Toyotismo aplicado a construção civil, conhecido como construção enxuta (KOSKELA, 1992) e se trata da aplicação dos pensamentos enxutos de produção do TPS ao campo de obras com as devidas adaptações em razão das particularidades do sistema construtivo (PICCHI, 2003).

Este método visa otimizar os processos construtivos para garantir ao setor da construção competitividade de mercado por meio de redução de custos, aumento de eficiência da mão de obra e eliminação de desperdício material (ISATTO; FORMOSO, 1998), por meio da visualização do processo de forma segmentada (SHINGO, 1996).

Para provar a eficiência do sistema é necessário que haja uma avaliação de desempenho da implementação para verificar-se as vantagens da aplicação deste.

Para a realização deste estudo é necessária uma análise em campo do que é aplicado e do que pode ser aplicado e como isso reflete na produção por meio das ferramentas *Lean*.

A construção enxuta e a sua aplicabilidade no cenário brasileiro são o escopo deste trabalho, por meio de acompanhamento prático de obras será possível se identificar as dificuldades enfrentadas pelo setor, os processos empregados e como estes podem ser melhorados se seguirem os métodos de construção enxuta.

Ao retirar estas informações durante a vivência é possível analisar de forma empírica o que pode ser aplicado da teoria. Juntando esta a prática obtém-se um cenário próximo do ideal, onde não se há desperdícios, por meio do emprego das ferramentas enxutas da construção.

2. OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos almejados com o desenvolvimento deste trabalho.

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar como podem ser utilizadas as teorias do Toyotismo por meio de um estudo de caso de duas obras de casas populares na cidade de Pereira Barreto, São Paulo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as ferramentas do Toyotismo aplicáveis a construção civil e as adaptações necessárias à aplicação nesta.
- Fazer o estudo do método em 2 edificações.
- Detectar na Edificação 1 as ferramentas do Toyotismo de possível aplicação.
- Apresentar propostas de aplicações de ferramentas do Toyotismo e executá-las na Edificação 2.
- Estudar a viabilidade de aplicação e as vantagens do método enxuto nos casos estudados.

3. JUSTIFICATIVA

Apesar da construção civil ser considerada uma atividade essencial para o desenvolvimento de qualquer país, no Brasil, esta é tradicionalmente e predominantemente uma manufatura artesanal, marcada pelo uso de técnicas e procedimentos não padronizados que geram desperdícios de tempo e material (JUNQUEIRA, 2006).

O setor da construção brasileira é marcado pela mão de obra de baixa qualificação e de alta rotatividade, o que inviabiliza a aplicação de métodos acadêmicos como a construção enxuta (PICCHI 2003).

Como a construção civil no Brasil ainda é marcada pela informalidade e falta de padronização dos processos (PICCHI, 2003), por meio deste estudo será possível fazer uma análise direta aos problemas encontrados na aplicação da metodologia de construção enxuta.

Entender a rotina do campo de trabalho para poder compreender os problemas apresentados e poder apresentar soluções que possam aos poucos aperfeiçoar os métodos aplicados para realizar essa transição do método não padronizado ao método enxuto de produção.

Ao realizar a pesquisa em campo, localizar os gargalos de produção que podem ser eliminados e tendo acesso ao setor de planejamento para apresentar essas informações para ver o que pode ser feito a respeito disso é a chave da implementação deste trabalho.

Assim, se terá uma visão completa do ciclo de produção, envolvendo tanto o setor administrativo quanto o setor executivo, por meio desta integração se faz possível uma melhora das relações entre estes. Com uma integração e transparência nos processos os métodos aplicados se tornam de fácil percepção por todos envolvidos (MOSER; SANTOS, 2003).

Por meio deste estudo será analisado a que nível o método enxuto se encontra inserido nas obras e como viabilizar a implementação a nível operacional das ferramentas *lean* na construção civil e garantir a efetiva aplicação deste método, já que o processo se encontra estagnado num modelo não otimizado.

Entendendo esses problemas presentes no dia a dia desta empresa na execução de obras, será possível visualizar quais os principais pontos a serem abordados pela metodologia enxuta de produção a fim de se modernizar o processo

da construção civil de forma geral, como também fica exposto o que é necessário ser modernizado.

Mudar a visão, tanto do setor executivo como administrativo, mostrando que os desperdícios não estão relacionados somente as perdas materiais, mas também, às perdas de tempo com retrabalhos e atividades de fluxo desnecessárias para que se torne possível a contínua melhoria das atividades do processo construtivo.

Com esta mudança de visão é possível otimizar o processo construtivo aos poucos, retirar os processos do método estagnado e arcaico que se tem instalado atualmente em boa parte das construções de alvenaria unifamiliares, realizar uma modernização da construção civil, melhorar a qualidade do produto entregue ao cliente final e tornar a atividade mais rentável.

Por meio da pesquisa em campo será possível apontar as principais dificuldades para a efetiva aplicação da Lean Construction a nível operacional, pois entendendo onde está a raiz do problema é possível buscar soluções adequadas.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados conceitos e informações relevante para a elaboração deste trabalho.

4.1. SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System – TPS) foi idealizado na década de 1950, após os fundadores do método, Sakichi Toyoda e Taiichi Ohno realizarem uma visita às instalações da fábrica de automóveis da Ford, nos Estados Unidos, que em 1908 aplicou o Método de Produção em Massa, conhecido como Fordismo, na produção do Modelo T (MAXIMIANO, 2004) e determinaram que o método de produção em massa aplicado por Henry Ford não seria viável no Japão devida a escassez de recursos gerada pelo momento pós Segunda Guerra Mundial (OHNO, 1997). Concluíram que para tornar o Japão competitivo ao mercado mundial, teriam que desenvolver um novo método, uma vez que o método de produção fordista era inviável para a realidade do país. Compreendendo que, devido à escassez de recursos, seria necessário encontrar um meio de otimizar a produção, estabeleceu-se que o desperdício era o principal problema, chegando aos princípios do TPS como sendo eliminar o desperdício ao máximo e a fabricação com qualidade (MAXIMIANO, 2012).

Os créditos do desenvolvimento deste sistema foram atribuídos a Ohno (1997). As pesquisas e desenvolvimento deste método por meio de tentativa e erro (FUJIMOTO, 1999) foram lideradas por Ohno ao decorrer das décadas de 1950 e 1960, com aplicação e análise nas operações de usinagem. A disseminação do TPS à cadeia de produção de fornecedores ocorreu nas décadas de 1960 e 1970 (MAXIMIANO, 2012).

A eliminação de desperdícios de tempo e material pregados pelo método tinham como objetivo a redução ao mínimo de atividades não agregadoras de valor ao produto e a visão de qualidade visava que o processo de fabricação resultasse em produtos sem defeitos. Com a evolução da produtividade e eficiência é possível eliminar desperdícios, o que é sinônimo de melhoria de qualidade do produto e redução no tempo de produção, gerando custos reduzidos, acarretando incremento nos lucros (WOMACK; JONES; ROSS, 1992).

A partir da popularização do TPS o termo *Lean* foi associado ao processo, termo que pode ser traduzido para “enxuto” ou “racionalizar”, o termo pode ser descrito como forma de aumentar o valor agregado ao produto minimizando o desperdício por análises detalhadas do processo produtivo, eliminando etapas que não agregam valor, assim, geram processos que exigem menos esforço humano, menor espaço, menos capital e menos tempo, além de simplificar e dinamizar o gerenciamento, tornando-o mais eficaz. Esta constante análise do processo e aprimoramento do sistema é nomeado *Kaizen*, a mentalidade de melhoria constante com a minimização dos desperdícios. Por meio desta mentalidade de preocupação extrema com a qualidade do produto, desenvolveu-se ferramentas de simples aplicação, porém extremamente eficazes para reduzir falhas e desperdícios (WOMACK; JONES; ROSS, 1992).

O desperdício ao TPS é definido como qualquer atividade que não agrega valor ao produto, sendo os principais sete desperdícios visuais propostos inicialmente por Ohno (1997), sendo:

1. Superprodução;
2. Tempo de espera;
3. Transporte;
4. Excesso de processamento;
5. Inventário;
6. Movimento;
7. Defeitos.

Tendo os princípios básicos em mente, Womack, Jones e Ross (1992), conceituam essa forma de gerenciar a produção em um sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produção em pequenos lotes e lotes reduzidos, uma abordagem preventiva aos defeitos, ao invés de corretiva, trabalhar com produção puxada, flexibilidade de produção com mão de obra polivalente, relacionamento efetivo desde o fornecedor primário até o cliente final e solução da raiz dos problemas na primeira ocorrência.

O novo sistema produtivo pode ser descrito como um sistema enxuto por usar menores quantidades de insumos para obter a mesma produção que o sistema em massa.

De acordo com o livro *A Máquina que Mudou o Mundo* (WOMACK; JONES; ROSS, 1992, p. 03), o novo sistema produtivo pode ser descrito como um sistema que usa:

metade do esforço dos operários em fábrica, metade do espaço de fabricação, metade dos investimentos em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e crescente variedade de produtos.

4.2. LEAN CONSTRUCTION

Em 1992, o finlandês Lauri Koskela publicou o relatório técnico *Application of the New Production Philosophy to Construction* pelo CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) ligado à Universidade de Stanford, EUA, e se tornou pioneiro a adaptar a Metodologia Toyota de Produção à construção civil (ARANTES, 2008). Conhecida como *Lean Manufacturing* (Manufatura enxuta), a aplicação do *Lean Thinking* (Pensamento enxuto) a construção (WOMACK; JONES; ROSS, 1992) recebeu uma nova área de estudo, que é a aplicação do TPS ao campo da construção, estudo que é conhecido por *Lean Construction*, ramificação que é traduzida como construção enxuta (BERTELSEN, 2004).

Pelas diferenças inerentes dos processos, seria impossível a aplicação das metodologias *Lean* ao meio da construção sem adaptar as mesmas, considerando as particularidades do sistema construtivo (PICCHI, 2003).

Como o *Lean Thinking* tem como objetivo agregar mais valor para o cliente com o mínimo de desperdícios agregados, as ferramentas Lean foram estudadas afim de mitigar os tradicionais problemas do setor, simultâneo a uma melhora a performance produtiva (OHNO, 1997). Com a publicação do relatório técnico de Koskela (1992) o conceito de construção enxuta se disseminou, tanto no meio acadêmico quanto no meio prático.

Em seu trabalho, Koskela (1992) desenvolveu o conceito da Construção Enxuta, e como forma de contextualizar essa nova metodologia propôs onze princípios básicos deste novo sistema de construção, que serão listados a seguir:

1. Reduzir a quantidade de atividades que não acrescentam valor ao produto final

2. Aumentar o valor do produto por meio da consideração das necessidades dos clientes
3. Reduzir a variabilidade
4. Reduzir o tempo de ciclo (*lead time*)
5. Simplificar o processo por redução de passos, partes ou ligações
6. Aumentar a flexibilidade do resultado final
7. Aumentar a transparência nos processos
8. Focar o controle no processo global
9. Introduzir a melhoria contínua no processo
10. Balancear as melhorias de fluxo com as melhorias no processo de conversão
11. Fazer *benchmarking* (*comparação de processos e resultados*).

4.3. DIFERENÇAS ENTRE MANUFATURA E CONSTRUÇÃO

A adaptação das ferramentas *Lean* para a aplicação ao meio da construção é devido as diferenças significativas entre as propriedades físicas do produto final. Na manufatura os produtos são locomovidos pela linha de produção e podem ser transportados até o cliente final, em contraponto, na construção o produto final é estático e não pode ser transportado (SCHEMENNER, 1993). Além deste ponto principal, há diferenciais específicos de natureza intrínseca ao processo construtivo, que não podem ser adaptadas de forma alguma, como a produção *in loco*, a natureza de unicidade dos projetos, e da complexidade de multi organização temporária e da regular intervenção técnica, menciona Koskela (1992). A construção se difere também das manufaturas de posição física, uma vez que o produto final pode ser deslocado após a montagem, como no caso de navios e aviões, tornando a construção um caso a ser estudado a parte, conforme Schemenner (1993).

A ocorrência do retrabalho na construção, devido à natureza de entrega de um único produto final ao cliente, torna mais complexo o processo de estudo de redução de desperdícios materiais, a conformidade e rigorosa fiscalização dos padrões é o que garante a qualidade e a redução de desperdícios na construção (ARDITI; GUNAYDIN, 1997). Como método de padronização *lean* as combinações da mão de obra com elementos tecnológicos proporcionam uma performance melhorada (MOORE, 2002), portanto na prática é necessário definir quais ferramentas tecnológicas a serem

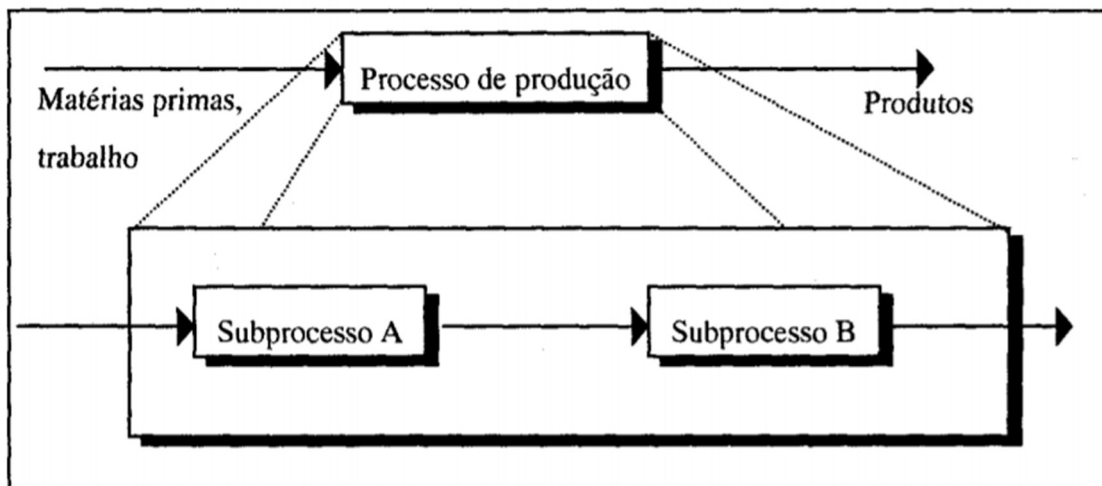
utilizadas na construção para se garantir a otimização do trabalho. Segundo Katayama (1996), a construção enxuta é a combinação das capacidades do trabalho manual atreladas as técnicas organizacionais para atingir os padrões de excelência almejados no produto final com uma quantidade reduzida de recursos.

4.4. PRODUÇÃO TRADICIONAL

Tendo conhecimento de que Koskela (1992) define que para a filosofia tradicional do TPS do que consiste em um processo produtivo:

- Um processo produtivo é a conversão de entradas e saídas;
- Um processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, os quais também são processos de conversão;
- Os custos de todo um processo podem ser minimizados através da minimização dos custos de seus subprocessos;
- O valor de saída de um processo está associado aos custos das entradas desse processo.

Figura 1 - Representação do modelo de Conversão.



Fonte: Koskela, 1992.

Este ponto do TPS recebe críticas no trabalho de Koskela (1992) que diferencia a visualização do processo de produção, pois para o Toyotismo aplicado ao meio fabril tem-se uma visão de que os processos e operações são eventos de mesma

natureza, nos quais a matéria prima entra no processo de produção, é convertido por meio de subprocessos e então é concluída como produto.

A produção pode ser considerada um somatório de várias operações (ANTUNES JUNIOR, 1994), considerando que a engenharia industrial tradicionalmente considera produção como um fenômeno linear, tendo processos e operações como fenômenos de mesma natureza, se diferenciando apenas no âmbito analítico, considerando o tempo ou a ação em si (SHINGO, 1996).

Shingo (1996) defende o fato de que o processo produtivo deve ser dividido em duas componentes, e que se deve analisá-las separadamente para otimizar o processo como um todo, e não considerar que a única forma de otimizar um processo produtivo é pela otimização de um subprocessos. Estas componentes são processos e operações, sendo os processos o fluxo de matérias no tempo e espaço e as operações sendo o fluxo de trabalhadores e máquinas no tempo e espaço.

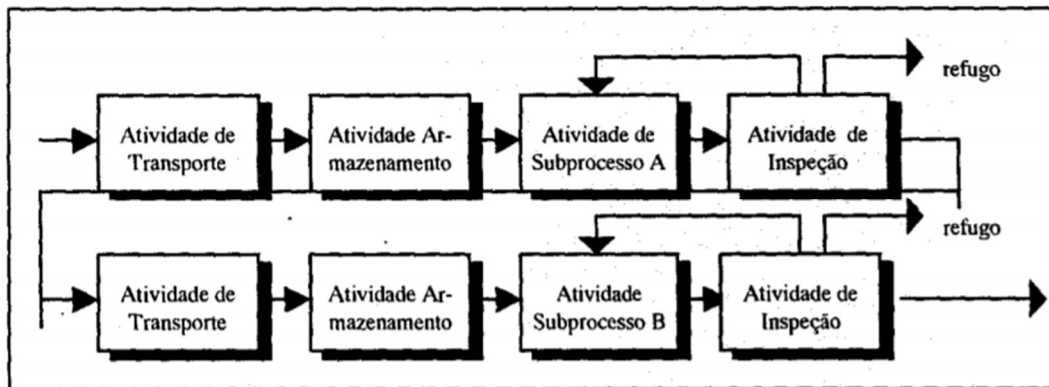
Corroborando com Shingo (1996), Koskela (1992) também critica essa visão linear da produção, e considera um erro fundamental considerar processos e operações constituídos de mesma natureza, no qual se considera que só há uma melhora na atividade produtiva quando há melhora nos subprocessos, desconsiderando o fluxo, partido deste ponto de vista assegura-se que as melhorias na atividade provêm da otimização tanto nos processos como nas operações.

4.5. FLUXO DE PRODUÇÃO

Como os processos produtivos atuais diferem das realidades das produções, Koskela (1992) contrapõe com um novo modelo de produção que define a produção subdividida entre processos e operações dentro de um fluxo.

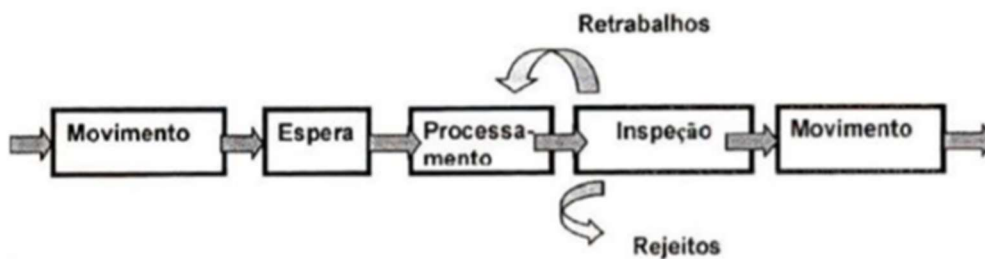
Koskela (1992) conceitua a produção como um fluxo material ou de informações a partir da matéria-prima até o produto final, neste fluxo o material é processado, inspecionado, está em movimento ou em espera, e todas estas atividades são inerentemente diferentes. O processo representa o aspecto de conversão do material. Inspeção, movimento e espera representam o aspecto de fluxo da produção, como são demonstrados nas Figuras 2 e 3 a seguir:

Figura 2 - Fluxograma de produção.



Fonte: Koskela, 1992.

Figura 3 - Representação do Modelo de Conversão na construção.



Fonte: Koskela, 1992.

Como na maioria das vezes os processos que agregam valor ao produto são os de conversão, não era dada atenção às atividades de fluxo, pela visão de que somente as otimizações de conversão possibilitariam melhorias no sistema, já que o valor está relacionado à satisfação do cliente e não necessariamente atrelado ao processo de conversão. Deste desmembramento do processo, tendo a visão dual da produção, que então é vista como conjunto de conversões e fluxos, a eficiência global do sistema então passa a ser dada não somente pela otimização das atividades de conversão, também é analisada a eficiência das atividades de fluxo, as quais ligam as atividades de conversão (ISATTO; FORMOSO, 1998). Combinando a visão de otimização de Shingo (1996) e Koskela (1992) tem-se que os pontos-chaves para melhoria são:

Quadro 1 - Diretrizes para a melhoria nos sistemas produtivos.

1 – Melhoria aos processos, balanceando as melhorias do fluxo (eliminação ou redução das atividades de fluxo) com as melhorias nas conversões (aumento na eficiência das atividades de conversão).
2 – Melhoria nas operações.

Fonte: Koskela 1992 e Shingo 1996 apud Isatto e Formoso 1998.

Deve-se ter em mente que o aumento da eficiência só faz sentido quando associado a redução de custos, como reduzir transportes desnecessários e retrabalhos também associados a erros de projeto, planejamento e execução. Ao pensar desta forma, têm-se em foco a principal bandeira do pensamento enxuto, a eliminação total dos desperdícios, com a mão de obra alcançando a eficiência desejada, com o mínimo de desperdício e máximo de qualidade, formando um ciclo de geração de valor (ISATTO; FORMOSO, 1998).

4.6. FERRAMENTAS *LEAN CONSTRUCTION*

Com conhecimento das teorias fundamentais do assunto, serão aprofundadas as aplicações e quais são as ferramentas TPS de pensamento enxuto no meio da construção civil nos tópicos que seguem:

4.6.1. *JIDOKA* - AUTONOMAÇÃO

Na construção, este método é aplicável tendo uma mão de obra polivalente, a possibilidade de rotação das posições na linha de produção, caso haja um atraso que necessite de auxílio de outra equipe, pode-se ajustar o ritmo da obra (MENDES; HEINECK, 1998).

Manter uma mão de obra flexível e polivalente permite que as operações sejam ajustadas conforme a demanda necessitar, como em casos de obras com atrasos. Uma mão de obra flexível é respaldada por um *layout* de trabalho e atividades padronizadas (YANG; PETERS 1998).

Como na construção os erros de processos são dificilmente identificáveis via inspeções visuais, o processo *Jidoka* é aplicado com o foco na conformidade dos processos e serviços, focando em prevenir que os problemas ocorram (MILBERG;

TOMMELEIN, 2003), mas se vier a ser necessário, a correção do erro é a posta em prática dando ao trabalhador o poder de paralisar a produção quando localizar algum problema que não seja possível resolver de maneira rápida ou individual (GEHBAUER, 2002), impedindo que seja realizada uma atividade irregular que causaria problemas adiante na linha de produção, e de modo a garantir que o mesmo problema não venha acontecer pelas mesmas causas. Este método de inspeção prova de falhas é conhecido como *Poka-Yoke*, ou inspeção visual (SHINGO 1985).

4.6.2. *JUST IN TIME* (JIT)

O grande desafio da construção enxuta é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo os custos e gerando maior lucro. Eliminar os estoques é uma forma de otimização de fluxo, portando, otimiza o processo global. Analisando estoques como processos de fluxo, estes são desnecessários, logo, são considerados desperdício, então a eliminação dos estoques é um ponto de otimização para a mentalidade enxuta (KOSKELA, 1992). Essa metodologia é a abordagem de estoque mínimo na qual o recebimento é teoricamente no exato momento e na quantidade exata necessário para a produção. Segundo Womack, Jones e Ross (1992), com a abordagem JIT é possível diminuir os estoques, reduzindo assim custos desnecessários com estocagem e otimizar o fluxo de valor na produção.

A filosofia JIT é um dos pilares do TPS, nota-se a complexidade deste método de otimização, que é segmentada em várias ferramentas, do planejamento interno à integração dos fornecedores as atividades planejadas promovendo uma transparência de processo para todos segmentos envolvidos na produção (KOCHAN, 1998). Na prática este é um objetivo ambicioso, portando, há sempre alterações a serem feitas a fim de atingir a perfeição, método conhecido como *Kaizen*, a procura constante por aperfeiçoamento (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Por meio do desmembramento dos objetivos de otimização do processo construtivo como um todo, tem-se vários objetivos a serem alcançado, que são almejavéis via ferramentas *Lean* que apesar de simples, alcançam os resultados ambiciosos do método enxuto de forma segmentada, estas ferramentas provenientes do TPS serão aprofundadas a seguir:

4.6.2.1. Kanban – Sinalização Puxada

O termo de origem oriental, que significa cartão ou sinalização, se refere a ferramenta da metodologia JIT desenvolvido por Ohno (1998) de simplificação da produção puxada, por meio de um quadro e cartões coloridos, os processos possam ser interligados de maneira simplificada, no qual o processo posterior sinaliza a demanda ao processo anterior (MOURA, 1989).

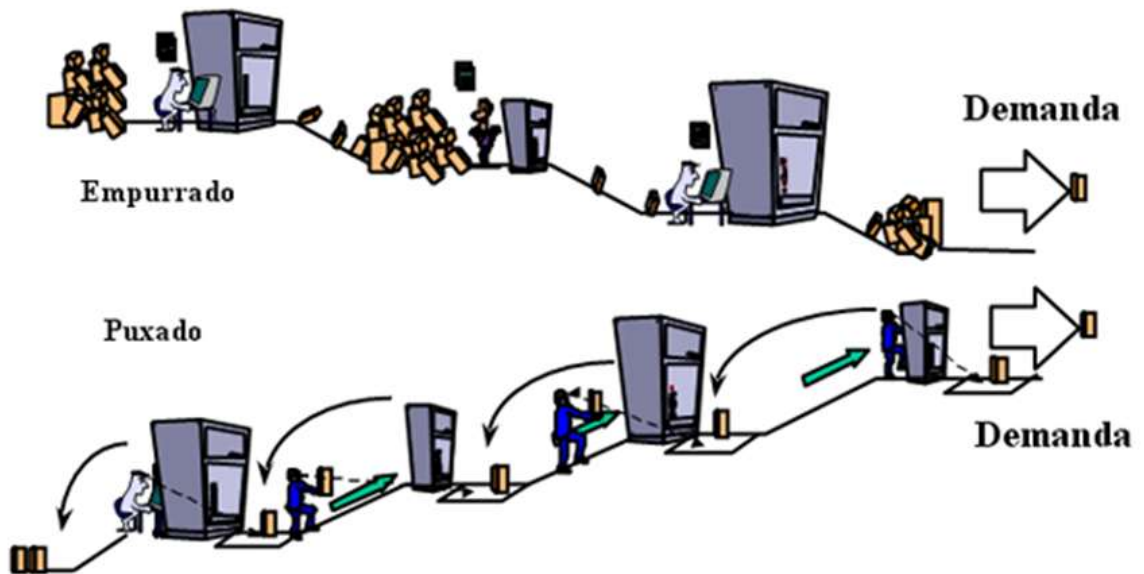
Figura 4 - Quadro Kanban utilizado na obra.



Fonte: Arruda, 2017.

O método tradicional de abordagem é da Produção Empurrada, onde o processo anterior passa o que produz para o processo posterior. A abordagem da Produção Puxada é de que o Processo Posterior deve solicitar ao Processo Anterior a produção do que lhe for necessário, eliminando o estoque, tendo em produção somente o que será usado, desta forma o que é necessário está disponível na hora certa, no local certo e no momento de sua utilização (CHAOIYA; LIBEROPOULOS; DALLERY, 2000):

Figura 5 - Demonstração de diferenças de produção.



Fonte: Logística nossa de cada dia, 2017.

Segundo Monden (1984), apesar do processo ser simples há regras básicas para o funcionamento do sistema, listadas abaixo:

- O processo seguinte deve retirar do processo anterior somente os produtos necessários e nas quantidades necessárias e no tempo devido;
- O processo anterior deve produzir seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo seguinte;
- Produtos com defeitos não devem ser enviados ao processo seguinte
- O número de *Kanbans* deve ser mantido o menor possível e reduzido por meio de melhorias do processo.

4.6.2.2. *Kaizen* – Aperfeiçoamento Contínuo

Para a filosofia Toyota há dois tipos de melhorias, a incremental e a radical, a melhoria radical é um salto em direção ao objetivo, a melhoria incremental é o *Kaizen* propriamente mencionado, que prega que a perfeição será alcançada pela melhoria contínua, formado por infinitas etapas de otimização. Esta visão do JIT considera os estoques como sendo abafadores de problemas, abordando-os desta forma, ao localiza-los é possível resolver a raiz dos problemas (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Uma abordagem cíclica da metodologia *Kaizen*, e funcional fora idealizada por Ishikawa (1993) e trata-se do ciclo PDCA.

A sigla PDCA pode ser decomposta em *Plan* (planejar), *Do* (desempenhar), *Check* (checar) e *Act* (agir), e é uma ferramenta do aperfeiçoamento contínuo que consiste em identificar e corrigir os problemas que geram prejuízos de forma a implementar uma metodologia preventiva a aquela anomalia por meio de uma padronização do método. A ferramenta PDCA é um processo de análise cíclica, desta análise se resulta uma melhora contínua do processo quando surgem problemas. Por meio da padronização dos métodos após a análise PDCA tem se um método melhorado em relação ao anterior e isto tende a se repetir continuamente afim de procurar sempre uma melhora nos processos aplicados (ISHIKAWA, 1993).

Figura 6 - Gerenciamento de processos: Ciclo PDCA.



Fonte: Carrijo, 2019.

O ciclo PDCA é também um método de estudo inicial, estudos iniciais devem ser executados para novas tarefas ou tarefas de caráter crítico (BALLARD; HOWELL, 1997). Primeiro é realizado o planejamento dos processos a serem estudados, faz-se uma análise dos processos a fim de eliminar os processos desnecessários. Então, na prática, os processos definidos são executados em campo pela primeira vez, donde é

realizada uma checagem de resultados, analisa-se as vantagens do novo processo sobre o tradicional e é estudado o que pode ser melhorado (WEST 1998).

4.6.2.3. Transparência

A falta de transparência nos processos o torna vulnerável a erros e camufla-os, impossibilitando a eliminação destes desperdícios no fluxo do processo, uma vez que se encontra encoberto, a transparência nos processos possibilita a checagem e aprimoramento nos processos incorretos (KOSKELA, 1992).

Além da melhora na concepção dos processos, aprimora-se o senso crítico dos trabalhadores, já que como a construção consiste de grupos de trabalhadores móveis, a transparência dos processos por meio de manter os estoques e processos à vista de todos trabalhadores potencializa a percepção destes e ajuda a criar senso crítico sobre os planos de ação subsequentes (MOSER; SANTOS, 2003), ao saber a que passo o processo se encontra, daí a eficiência do fluxo de trabalho é agilizado (SANTOS et al., 1998).

Por meio deste princípio é desejado reduzir a interdependência entre os processos e células de produção, evitando que dois grupos colidam com seus processos num mesmo ambiente, pois isto gera conflito de processos no local que resulta em trabalhadores ociosos. Grandes quantidades de trabalhadores e materiais num mesmo ambiente também dificulta a visualização do processo, visualização que é integrada ao princípio de transparência com o controle visual, ou *poka-yoke*, já que, anexando-se ao princípio da mão de obra polivalente, com transparência todos os grupos de trabalhadores têm autonomia e conhecimento para reconhecer um processo ou produto quando está ou não bem executado.

Uma forma de se aprimorar a transparência é estabelecendo formas de medir a eficiência da força de trabalho nos processos de conversão e fluxo e torna-las visíveis em forma de placas em locais de acesso geral, a fim de incentivar os trabalhadores a manter a melhora contínua (*kaizen*), que também facilita a visualização de onde os processos devem ser otimizados e pode prevenir que situações críticas venham a acontecer mais à frente na produção caso o problema não seja resolvido.

4.6.2.4. Heijunka – Linhas de Balanço

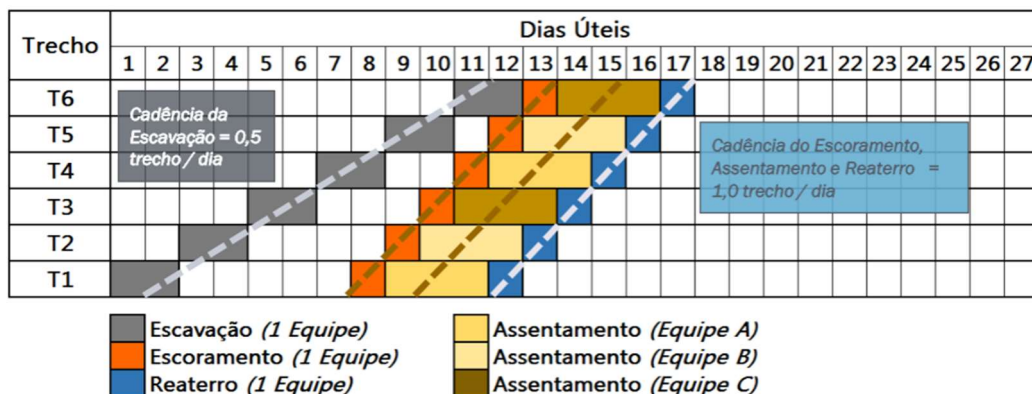
É o conceito de converter a instabilidade da demanda em um nivelado e previsível processo estabilizando o fluxo de valor, linearizando a produção em sequências de lotes mínimos (MILTENBURG, 2002), como forma de estabilizar o ritmo de produção mesmo com a instabilidade de demanda. Desta forma não há uma sobrecarga de trabalhos, já que o planejamento é realizado prevendo essas variáveis para não haver conflitos durante o decorrer do processo, na construção, pode-se usar como exemplo de planejamentos de longo prazo as atividades de estrutura, alvenaria e reboco (MENDES; HEINECK, 1998).

Como na construção civil a maioria dos seus processos se repetem ao longo do empreendimento, é possível criar uma previsão após uma análise dos trabalhos, linearizando-os, facilitando o planejamento (FILIPPI, 2017).

A aplicação deste método é feita pela previa análise da produção e a obtenção das constantes de produtividade, que são utilizadas para dimensionar as equipes e planejar o processo como um todo a partir da duração estabelecida para cada atividade. Esse ritmo de produtividade é representado em um gráfico no qual as atividades são postas num diagrama de espaço ou operação em função do tempo, onde o eixo vertical denomina as atividades básicas e o eixo horizontal o tempo (TOMMELEIN; RILEY; HOWELL, 1998) como pode ser observado no quadro 2.

Quadro 2 - Representação visual das linhas de balanço.

Linha de Balanço para obra com 3 equipes de assentamento para igualar cadências das atividades mais rápidas

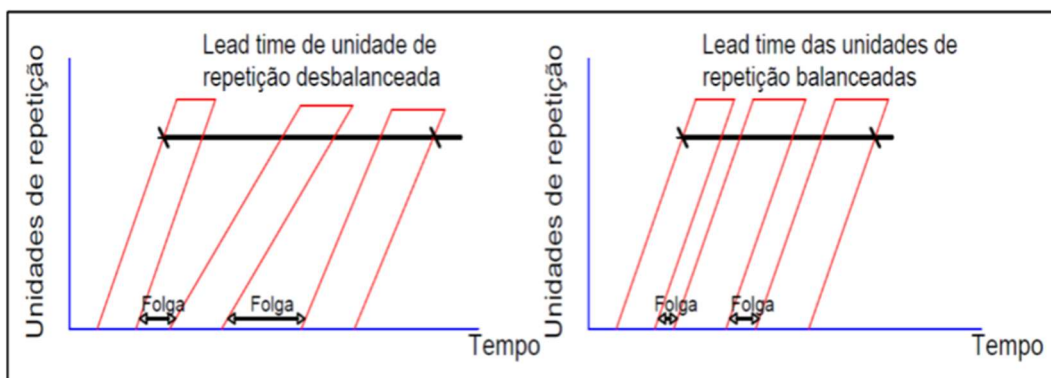


Fonte: Filippi, 2017.

O uso do método das linhas de balanço oferece uma maior transparência dos processos, uma vez que o quadro de atividades é de fácil entendimento e acesso a

todos, facilitando a incorporação de aspectos ligados a filosofia enxuta de produção, reduzindo a variabilidade dos tempos de execução e repetição dos processos, o que é conhecido pelo termo administrativo de *Lead-time* (MOURA; HEINECK, 2014), e possibilita maiores garantias da conclusão da obra nos prazos estabelecidos pela eliminação dos tempos de espera (JUNQUEIRA, 2006). O *Lead-time* pode ser melhor compreendido com a representação visual deste, presente na Figura 7 abaixo:

Figura 7 - Representação da redução do lead time pelo balanceamento das atividades.



Fonte:

Moura e Heineck, 2014.

5. METODOLOGIA

Neste tópico serão apresentados os materiais e métodos que serão utilizados para executar-se a pesquisa em campo e o posterior relatório.

5.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Gil (1991) toda e qualquer classificação se faz mediante algum critério, quanto a pesquisa é usual que se classifique baseando-se em seus objetivos gerais, para que o trabalho tenha uma abordagem delimitada e possam ser obtidas informações dentro do espectro cabível a pesquisa em questão. O delineamento da pesquisa determina a abordagem que será desempenhada para executá-la.

Os objetivos de uma pesquisa delimitam o que se quer atingir com esta quanto ao marco teórico ou a aproximação conceitual. Quanto a classificação dos objetivos podem ser dadas em pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas (GIL, 1991).

A forma de abordagem se refere ao tipo de análise e como serão tratados os dados. As abordagens são divididas em pesquisas quantitativas e pesquisas qualitativas. As pesquisas quantitativas analisam dados e parâmetros estáticos, tudo é transformado em números. A pesquisa qualitativa usa subjetividade e é descritiva, pois não pode ser transformada em números (ECCE SCRIPTA, 2014).

Os procedimentos técnicos são divididos em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, pesquisa de corte, levantamento, estudo de campo, estudo de caso, pesquisa participante, pesquisa ex-post-facto e pesquisa-ação. Estes são os métodos utilizados para executar a pesquisa (GIL, 1991).

A pesquisa realizada tem abordagem de caráter qualitativo, objetiva ser explicativa e teve como procedimento técnico estudo de caso.

5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Por meio de consultas a livros, artigos científicos e páginas na internet, realizou-se uma pesquisa sobre a história do método Toyota, a base do método enxuto de produção (WOMACK; JONES; ROOS, 1992), que passou por modificações e foi estudada por diversos pesquisadores a fim de se tornar viável a aplicação das ferramentas na construção após adaptações, em que se obteve a área de estudo conhecida como construção enxuta (KOSKELA, 1992).

Aprovisionado deste conhecimento foi realizado um estudo de caso por meio do acompanhamento de duas obras que possuem a mesma planta baixa, portanto a mesma estrutura, mesmos parâmetros de resistência do solo em que serão executadas e com a mesma equipe, porém a Edificação 2 fora executada com alterações nos métodos para se aproximar ao *Lean Construction*.

Na Edificação 1 fez-se o acompanhamento e coleta de informações para identificar e estudar os métodos tradicionais que eram aplicados e analisou-se os dados ao estilo ciclo PDCA para que na repetição pudessem ser aplicadas as ferramentas de construção enxuta e otimizar o processo construtivo adiante.

Ao vivenciar a dinâmica rotina da obra também foi possível identificar os fatores humanos e técnicos que levam aqueles métodos tradicionais, as limitações e qual a viabilidade de aplicação das ferramentas apresentadas no trabalho.

Identificados os processos que poderiam ser otimizados, estudou-se como estes poderiam ser melhorados e as vantagens que apresentam, tanto economicamente, destinado ao setor de planejamento, quanto à execução, uma vez que o pensamento enxuto visa diminuir o esforço da força de trabalho para realizar um serviço otimizado e com qualidades ascendentes.

Os processos e métodos passíveis de otimização que foram observados, porém não aplicados, serão apresentados como sugestões de melhorias uma vez que não era viável a aplicação de todas as mudanças percebidas e propostas, pois, haveria um choque de processos muito grande, o que acarretaria a possíveis desencontros de informações e processos não consistentes.

Por meio de uma lenta introdução dos métodos enxutos, estes ficarão melhores fixados e serão adotados como métodos padrões pelos trabalhadores. Fazer a mudança completa causaria uma desconexão total com a prática até então aplicada, o que geraria confusão e poderia acarretar em má execução por falta de entendimento e a não possibilidade de acompanhamento e supervisão de todos processos que seriam alterados.

Houveram também observações após a segunda execução, como o trabalho se limitou a estas duas construções que foram completamente executadas, essas observações foram escritas para aplicações futuras.

6. ESTUDO DE CASO

A empresa que fora estudada se situa na cidade de Pereira Barreto, região noroeste do interior de São Paulo. Foi acompanhada e estudada a execução de duas obras desta empresa, desde os materiais e seus fluxos até os processos e métodos utilizados.

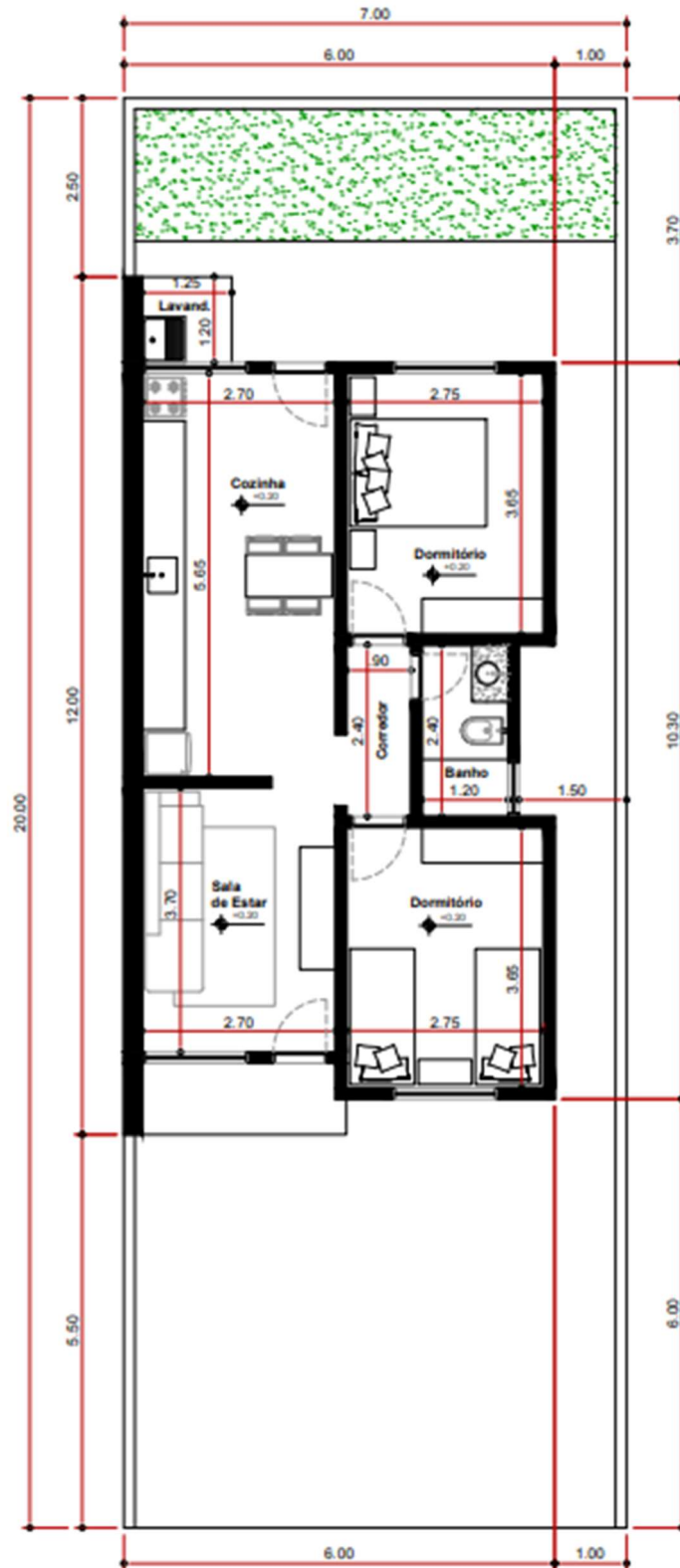
Durante a execução da Edificação 1 foi feito somente o acompanhamento para aprendizado e conhecimento dos métodos aplicados nas construções desta empresa. Na Edificação 2, após reunião para apresentar propostas de otimização pelo método enxuto com o setor administrativo, fora decido quais seriam aplicadas e então foram feitas as intervenções.

Ambas edificações seguiram o modelo apresentado na Figura 8, executadas em terrenos de 7 metros de largura por 20 de comprimento, totalizando 140 metros quadrados, sendo 61,18 metros quadrados de área construída, como mostrado na Figura 8.

As construções desta empresa têm como público alvo quem está interessado em fazer financiamento pelo governo de moradia unifamiliar e tem como o diferencial o alto padrão de acabamento e qualidade do material utilizado.

As edificações estudadas foram executadas uma subsequente a outra, em terrenos vizinhos, com a mesma metragem e utilizando a mesma planta baixa para as duas.

Figura 8 – Planta baixa das Edificações 1 e 2.

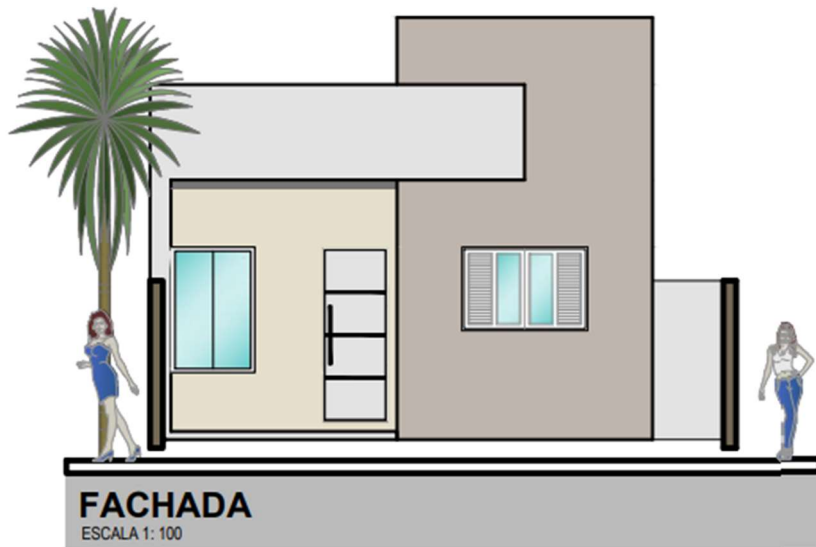


PLANTA (61,18 m²)

ESC. 1 / 100

Fonte: Conceito arquitetura e urbanismo, 2020.

Figura 9 – Projeção da fachada.



Fonte: Conceito arquitetura e urbanismo, 2020.

As diferenças entre estas são quanto ao método de execução, com a aplicação de ferramentas da ideologia enxuta de produção e nas cores dos acabamentos.

Figura 10 – Edificação 1 após conclusão da pintura.



Fonte: Autoria própria, 2021.

7. RESULTADOS

Almejando a otimização dos processos construtivos a fim de se obter um melhor produto final, o uso inteligente dos recursos investidos, melhor aproveitar a mão de obra, padronizar de forma modernizada os processos e racionalizar as obras da empresa que é o alvo do estudo, foi realizado um acompanhamento das obras desta para que com a vivência da experiência em campo pudesse ser elucidado o tema e suas aplicabilidades no dia a dia da construção.

Por meio deste acompanhamento, foi possível observar na prática como os métodos do *Lean Construction*, que previamente foram estudados, poderiam ser aplicados para facilitar o processo, otimizar a qualidade e buscar uma racionalização progressiva do trabalho.

O acompanhamento resultou em diversas observações que serão listadas, apresentando a situação, o por que ser prejudicial, o que pode ser feito e os ganhos passíveis da implementação das sugestões, que foram apresentadas aos responsáveis da empresa para a aplicação do estudo deste trabalho em prática, conforme viabilidade executiva.

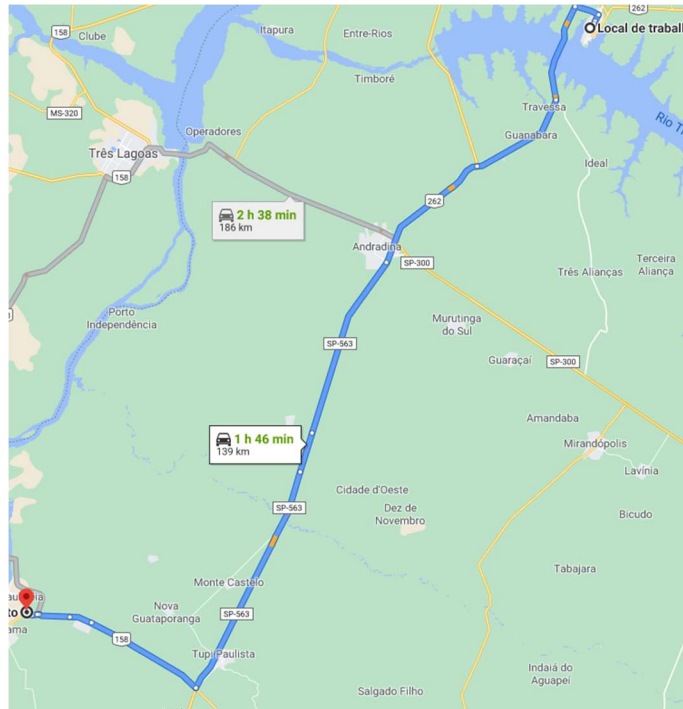
7.1. LAYOUT DA OBRA PARA CONCRETAGEM DE LAJE

Na empresa estudada considera-se que a concretagem da laje é um serviço pesado, por isso é comum que os trabalhadores sejam dispensados após o término de cada laje devido à exaustão física destes.

Este serviço pode se tornar ainda mais árduo se não houver um devido planejamento, como por exemplo, ajustar o *layout* da obra excepcionalmente para este processo. Um canteiro mal organizado acarreta em desperdícios de tempo com transportes que poderiam ser evitados, desperdícios de material que podem ser perdidos neste transporte, além de diminuir a eficiência da mão de obra, se mostrando prejudicial para todos a falta de uma organização específica (KOSKELA, 1992).

Devido a posição geográfica da cidade, que fica ao menos a uma hora de viagem da usina de concreto mais próxima, mostrado na Figura 11, a concretagem da laje com concreto usinado é inviável, pois a espera dos funcionários até o produto chegar para que possam começar o serviço vai contra a filosofia TPS ao desperdiçar o tempo produtivo.

Figura 11 - Posição geográfica da usina de concreto mais próxima da cidade.



Fonte: GoogleMaps ,2021.

O mais cedo que a empresa de concreto usinado mais próxima consegue realizar a entrega é às 10:00, portanto sabendo que os funcionários chegam a obra às 7:00 são aproximadamente 3 horas uteis perdidas, o que é quase meia diária com a equipe parada.

Uma solução para evitar estes desperdícios é a organização do canteiro especificamente para este dia, ou seja, no dia anterior, com o trabalho a ser realizado já definido, preparar o canteiro, de forma que, se diminua o estresse físico a que os colaboradores serão submetidos, evitando que estes se lesionem ou desgastem. Esse procedimento não foi realizado na execução da Edificação 1.

O método aplicado para facilitar o processo na Edificação 2 é de que no dia anterior seja feito o pedido de material básico para a laje, como a areia grossa e a brita, para serem descarregados em frente a obra que terá a laje concretada. O cimento também pode ser pedido no dia anterior para que fique armazenado no *container* da empresa ou mesmo dentro da obra, se esta tiver o portão já instalado. A betoneira deve ser também posicionada ao lado da construção próxima a estação de elevação do concreto, evitando diversos desperdícios com uma simples mudança de organização e de planejamento prévio de execução.

Figura 12 – *Layout* pronto no dia anterior a concretagem.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Antes desta alteração era necessário fazer a mistura do concreto do outro lado da rua para então atravessar com o concreto para que só assim pudesse ser elevado, a distância pode ser observada na Figura 13 que é da concretagem do baldrame da primeira casa.

Figura 13 – Distância entre a Edificação 1 e a betoneira.

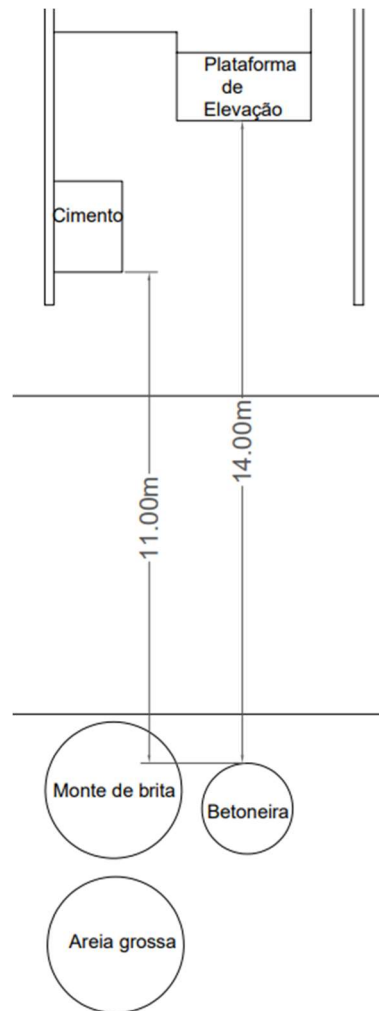


Fonte: Autoria própria, 2021.

Por meio desta prática foi reduzido drasticamente a quantidade de transporte de material, que é uma atividade de fluxo que não agrega valor nenhum ao produto final e pode ser eliminada por uma simples mudança no *layout* dinâmico da obra.

A mudança no *layout* do canteiro para a concretagem da laje da Edificação 2 eliminou o transporte feito de carruola que além de ser um desperdício de tempo, pode gerar perdas de material e desgaste dos colaboradores com uma atividade de fluxo, como observado na Figura 14, a distância entre onde o concreto é produzido até onde este será utilizado é grande, considerando-se que este percurso é realizado diversas vezes pelos trabalhadores braçais.

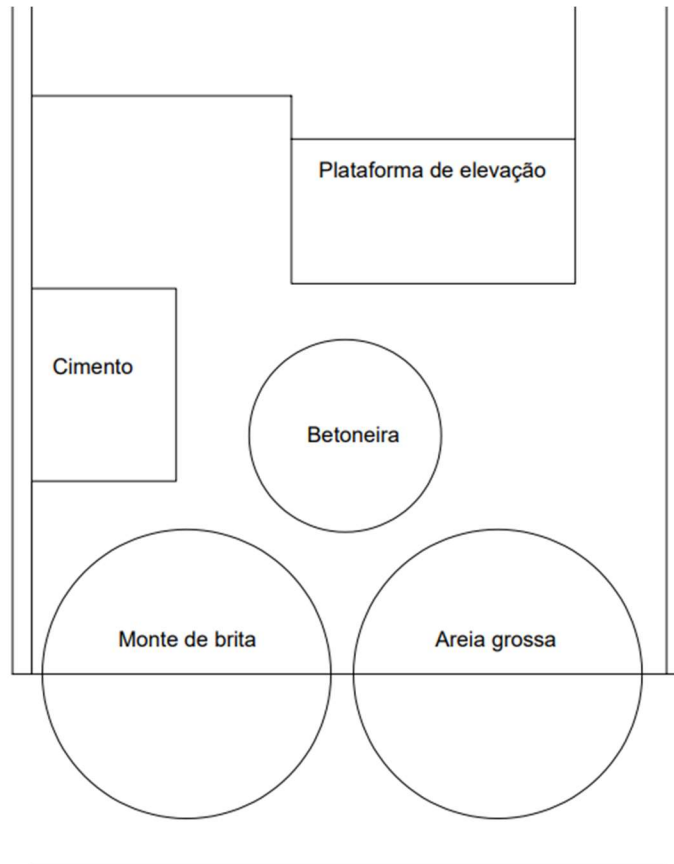
Figura 14 – *Layout* não otimizado usado na Edificação 1.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No novo ambiente organizado otimizou-se o trabalho de concretagem da laje da Edificação 2 e pode-se observar que foi eliminada a necessidade de transporte do concreto até a plataforma de elevação, observado na Figura 15.

Figura 15 – *Layout* otimizado empregado na Edificação 2.



Fonte: Autoria própria, 2021.

7.2. *JUST IN TIME* (JIT) – ENTREGA DE MATERIAIS NO MOMENTO CERTO

A falta de materiais na obra pode gerar uma sequência de desperdícios de tempo, já que sem o material, o colaborador não pode executar o serviço, e o tempo que ele passa parado por este motivo é tempo de serviço sendo desperdiçado, por isso, é importante que sempre haja o material necessário para que o serviço não pare. Mas também é necessário notar que, a depender do porte da obra não existe a possibilidade de se ter tanto material acumulado, o que pode obstruir o espaço físico que será executado o trabalho, além de que, o TPS também considera estoques um dos 7 principais tipos de desperdícios.

Logo, não é adequado que o material chegue antes e fique parado, nem que este atrase, todas essas opções vão gerar algum tipo de conflito ou desperdício de tempo, o adequado é que o material chegue na obra no momento que ele irá ser usado, a aplicação prática da filosofia do JIT (*Just in Time*).

Para se ter uma melhor visualização temporal das necessidades de materiais da obra, é adequado que se saiba o que será trabalhado com antecedência para que seja feito o pedido no momento certo. Por meio do conhecimento do processo como um todo e com experiência, é possível que se observe isso com mais facilidade. A partir da experiência adquirida durante a execução da Edificação 1 pode-se desenvolver este senso crítico para que na Edificação 2 fossem adotadas medidas de adiantamento de pedido de material.

Além dessa mudança na execução, foi acertado com o fornecedor da laje treliçada que deixasse 10% a mais de lajotas para montagem da laje, a fim de não ser necessário parar o procedimento devida a falta de material por eventual defeito em alguma lajota. O sobressalente é recolhido posteriormente a concretagem da laje.

Figura 16 – Lajotas que sobraram após concretagem da laje.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A exemplo da mudança de layout do canteiro para a concretagem, por ter sido uma mudança que eliminou uma boa quantidade de desperdício de fluxo, ao minimizar o transporte de material por se colocar este próximo ao local aonde será executado o serviço, foi proposto a empresa que os pedidos de materiais básicos que são de difícil transporte, como o cimento, telhas, tijolos, cal, etc., fossem planejados para o decorrer da semana.

E que estes fossem descarregados no dia que seriam usados próximos ao local do uso para não haver desperdício de tempo e mão de obra com o transporte de

material, o que foi adotado em alguns casos para os materiais da Edificação 2, como mostrados nas figuras a seguir:

Figura 17 – Telhas sendo descarregadas.



Fonte: Autoria própria 2021.

Figura 18 – Blocos 6 furos sendo descarregados.



Fonte: Autoria própria 2021.

Por meio destas aplicações de otimização do *layout* de obra de forma dinâmica, têm-se a aplicação do ciclo PDCA e a filosofia *Kaizen*, ferramenta do JIT, parte do TPS.

O *Kaizen* se fez presente durante a execução da Edificação 2, pois houve a necessidade de retrabalho na Edificação 1 quanto ao rejunte que manchou devido ao descuido do assentador. A partir disso foi definido que o rejunte só seria aplicado como última etapa do assentamento de pisos e após a limpeza por parte do assentador de todo material empregado no serviço, desenvolvendo assim uma metodologia preventiva e melhoramento no processo que evita retrabalhos.

7.3. ATRASOS NOS PROCESSOS TERCEIRIZADOS

Pelo fato da cidade que a empresa estudada atua ser pequena, é comum firmar contratos verbais quanto a execução de serviços como pintura, instalação elétrica, etc.

Contudo este costume prejudica o processo de administração, pois, sem um contrato escrito o fornecedor pode atrasar o serviço sem que haja algo firmando a entrega ou especificando o combinado, o que acaba atrasando os serviços subsequentes e o processo de venda.

Como por exemplo no caso da pintura, que é um dos últimos processos pelos quais a obra passa para ser anunciada a venda, cada semana de atraso equivale a uma semana a menos de mercado e o capital fica estagnado.

Por conta disso, foi sugerido para que a obra não fique suscetível a este tipo de atraso, que sejam feitos contratos escritos especificando o serviço prestado e o valor a ser pago no final de cada etapa, para no caso do fornecedor de serviços falhar com o prazo ou assiduidade, haver a possibilidade de terminar o serviço sem que a empresa fique amarrada ao contrato verbal firmado.

Como o atraso do fornecedor que aconteceu durante a execução da Edificação 2, foi uma situação atípica, foi proposto que para as edificações feitas a partir da próxima obra fossem firmadas com contrato escrito.

A partir deste problema também foi pensado e proposto que a partir das obras subsequentes os contratos devem ser firmados também com os fornecedores da cadeia de suprimentos da obra, para que seguindo a filosofia do JIT, todos os materiais estejam na obra quando forem necessários, de modo que a mão de obra não fique ociosa.

7.4. TRANSPARENCIA NOS PROCESSOS

Para a execução da Edificação 2 foi proposta e aplicada a prática de se manter um canal de comunicação cada vez mais aberto entre o setor executivo e a administração, com reuniões diárias e semanais para um melhor planejamento e visualização do decorrer da obra.

Por meio desta transparência e integração entre os setores houve uma unicidade que possibilita a fácil resolução de situações adversas que ocorrem ao decorrer da obra, como no caso de atraso de materiais, serviços ou condições climáticas.

Durante a execução da primeira obra foi observado que se perdeu cerca de meia hora do assentador de pisos para que pudesse ser decidido a forma que o acabamento do banheiro seria assentado para que ficasse visivelmente agradável.

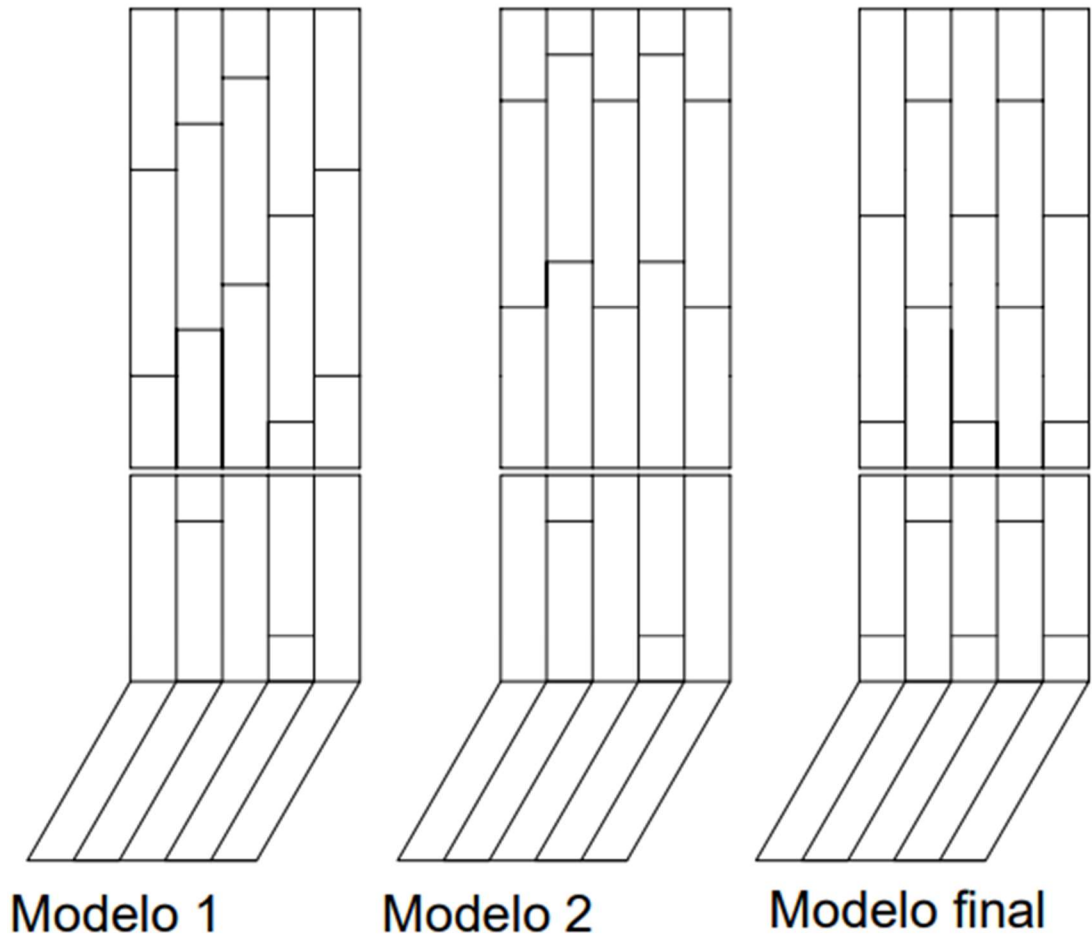
Figura 19 – Imagem tirada durante reunião.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Até ser decidido a forma que seriam posicionados o revestimento e onde, para se ter um melhor efeito visual, houve uma perda de 30 minutos de trabalho em reunião.

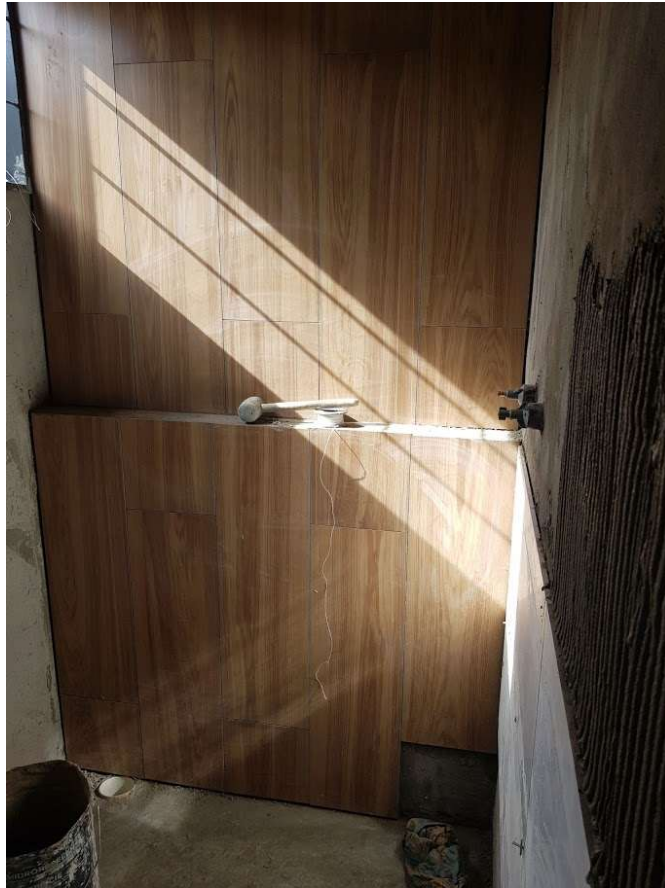
Figura 20 – Modelos de paginação sugeridos.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O método foi adotado na Edificação 2 e será aplicado também às obras subsequentes de modo que se visualize o acabamento de antemão, proporcionando um melhor aproveitamento da mão de obra, um trabalho planejado e esteticamente previamente definido e aprovado.

Figura 21 – Acabamento final do banheiro da Edificação 1.

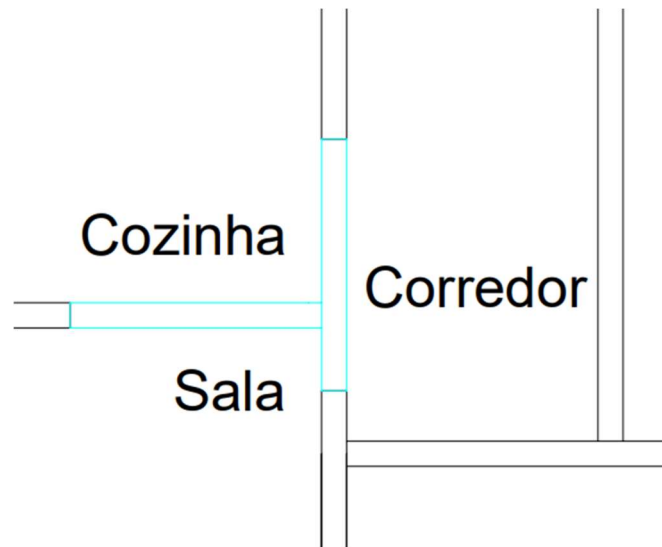


Fonte: Autoria própria, 2021.

Outro problema resolvido em equipe foi que devido a falha na concepção arquitetônica a abertura entre a sala e a cozinha estava em conflito, no meio da abertura para o corredor, foi necessário refazer o baldrame para que não ficasse estranho e impossibilitasse o futuro morador a fechar o acesso ao corredor com uma porta, ou mesmo entre a cozinha e a sala caso fosse a gosto deste instalar um ar condicionado.

Na Edificação 1, foi necessário depois de toda a baldrame estar escavada, que fosse escavado um novo trecho para fazer a concretagem corretamente marcada e posicionar as aberturas alteradas para evitar desgosto do cliente ou qualquer eventual patologia.

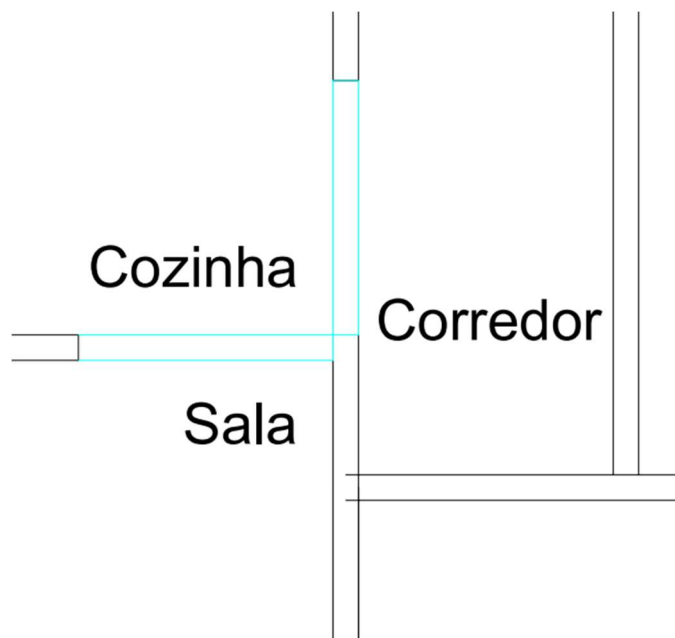
Figura 22 – Planta com falha.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Essa mudança foi também feita na planta baixa da segunda obra a fim de não ser necessário executar outro retrabalho caso o problema de concepção passasse despercebido, caracterizando o *Kaizen* aplicado a planta baixa da casa.

Figura 23: Planta corrigida.



Fonte: Autoria própria, 2021.

7.5. LIMPEZA DO LOCAL DE TRABALHO

Ao perceber uma certa desorganização e objetos que poderiam causar um eventual acidente logo na execução da Edificação 1, foi proposto que fosse combinado que, antes do final do expediente, fosse separado alguns minutos do dia para que todos os trabalhadores fizessem a limpeza da obra e das ferramentas. Antes dos finais de semana e feriados além da limpeza é feita a organização do canteiro de obras considerando o serviço que será executado na semana seguinte.

Este é um método de manter a obra sempre limpa, as ferramentas ao alcance, evita desorganização do canteiro que pode gerar desperdícios de tempo e previne acidentes de trabalho, com práticas muito simples, como recolher os pregos das caixarias para que não fiquem espalhados pela obra e alguém possa se machucar neles, como nas figuras a seguir:

Figura 24 – Pregos das caixarias coletados num copo.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 25 – Pregos das caixarias coletados num tijolo laminado.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O material reciclável, como as embalagens do concreto e da cal são separados e espetados em vergalhões sobressalentes para posterior recolhimento do caminhão de coleta seletiva da cidade, como mostrado na Figura 26:

Figura 26 – Material reciclavel separado.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Foi cobrado que se organizasse o material que estava espalhado na obra, como tabuas de madeira para concretagem e ripas que seriam reutilizadas. Foi proposto que se reunissem as peças de tamanhos similares dentro da Edificação 1 para que a obra não ficasse com uma visual desleixado, como pode ser observado nas figuras a seguir:

Figura 27 – Disposição do material antes da limpeza



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 28 – Disposição do material após limpeza



Fonte: Autoria própria, 2021.

Foi proposto também que, para que o material da Edificação 2 fosse armazenado dentro da obra Edificação 1 que se encontrava já com fechamento de portão e alvenaria prontos, para que pudesse ser feito o pedido semanal e o material ficasse bem acomodado e não percesse, além de evitar desperdícios de tempo com o transporte do material ou que a obra precisasse ser parada pela falta de material.

Figura 29 - Material organizado e bem acomodado.



Fonte: Autoria própria, 2021.

7.6. OTIMIZAR PROCESSOS COM EQUIPAMENTOS

Após a conclusão da Edificação 2, chegou-se a novas ideias a serem aplicadas futuramente. Foi feita uma proposta ao setor administrativo a adquirir equipamentos para agilizar e otimizar alguns processos, como a compra de uma perfuratriz a combustível para substituir o uso da cavadeira articulada, e de uma pistola projetora de argamassa para a aplicação de chapisco uniforme e mais rapidamente.

O chapisco é uma atividade que a execução não é apreciada pelos colaboradores da empresa, colocar somente um dos funcionários para fazer a aplicação de uma casa inteira seria entendido como demérito, portanto, é inviável que a padronização do chapisco seja feita desta forma.

Como o chapisco é feito por diferentes colaboradores o resultado é irregular e isso poderia ser sanado por meio do projetor de argamassa proposto.

7.7. HEIJUNKA – LINHAS DE BALANÇO

Foi proposto a após a conclusão da Edificação 2 de se desenvolver um diário de obras para viabilizar o planejamento de longo prazo da empresa a fim de se obter um maior controle do processo produtivo.

Por meio deste diário, que será alimentado com informações das obras seguintes, serão retirados os coeficientes de rendimento, e a partir destas informações, futuramente poderá ser implementado o método das linhas de balanço ajustada à mão de obra da empresa.

Com as linhas de balanço será possível estimar as previsões de conclusão e otimizar a logística de forma racionalizada, ao possibilitar a localização de falhas nos processos administrativos, empregando a prática da ferramenta do método enxuto de aperfeiçoamento constante.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão da Edificação 2 e finalização do estudo fora organizada uma reunião com o setor administrativo que concluiu que o método *kaizen* de melhoria contínua e progressiva dos métodos de produção seria adotada permanentemente.

Desta forma, os processos tradicionais serão substituídos por processos enxutos lentamente a fim de melhor fixar o método e evitar uma completa desconexão com o método convencional, o que poderia gerar conflitos e acarretar em desperdícios por má execução, por não ser possível um acompanhamento em tempo integral por parte dos responsáveis técnicos.

O método do ciclo PDCA também será aplicado de forma preventiva, analisando os erros cometidos que geraram desperdícios de materiais ou de tempo e não permitir que se repitam, promovendo qualidade ascendente às construções da empresa.

Foi feito o estudo da implementação das linhas de balanço, *Heijunka*, e para isso foi proposto um diário de obras, que será desenvolvido posterior a conclusão do trabalho para que seja possível analisar os coeficientes de rendimento da mão de obra, de modo a possibilitar o tecer das linhas de balanço com precisão quanto ao tempo de trabalho necessário para cada serviço, que possibilitará planejamentos de longo prazo.

Também será estudada a proposta de se adquirir equipamentos para padronizar os processos, pois através da análise crítica do trabalho por parte do setor administrativo, foi considerado um investimento na qualidade final das obras.

No processo global houve perceptível ganho de tempo devido a eliminação das atividades fluxo. Com as otimizações de processos evitam-se desperdícios de materiais e atrasos na execução, prevenindo retrabalhos. Os atrasos de processos, tanto internos como terceirizados, foram eliminados em parte da execução, o que possibilitou anteceder-se a inserção das edificações no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES JUNIOR, J.A.V. O mecanismo da função de produção: a análise dos sistemas produtivos do ponto-de-vista de uma rede de processos e operações. **Revista de Engenharia de Produção**, (4) 1. Belo Horizonte, 1994.

ARANTES, P. **Lean Construction**: filosofia e metodologias. 2008. Dissertação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Lisboa, Portugal, 2008.

ARDITI, D., GUNAYDIN, H. 1997. *Total quality management in the construction process*. **International Journal of Project Management**, Chicago, v. 15, n. 4, p. 235–243, 1997.

ARRUDA, Victor. 5 Etapas Essenciais para a Gestão de sua obra. **Inova civil**, 2017. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/gestao-de-obra/>. Acesso em: 04 out. 2020.

BALLARD, G., HOWELL, G. An update on last planner. *In: Annual Conference on Lean Construction. Proceedings, 11., 2003, Virginia*. **Anais [...] Virginia Polytechnic and State University**, 2003.

BERTELSEN, S. *Lean Construction: Where are we, how to proceed?* **Lean Construction Journal**, v.1, p. 46-69, 2004.

CARRIJO, Tauná de S. **Gerenciamento de processos**: ciclo PDCA. 2019. Uberlândia. Disponível em: <https://betaeq.com.br/index.php/2019/06/24/gerenciamento-de-processos-ciclo-pdca/>. Acesso em: 08 out. 2020.

CHAOIYA, C.; LIBEROPOULOS, G.; DALLERY, Y. *The extended kanban control system for production coordination of assembly manufacturing systems*. **IIE Transactions**, v. 32, p. 999–1012, 2000.

CONCEITO ARQUITETURA E URBANISMO. **Construção residencial, moradia unifamiliar**. Loteamento Paulista, área D. Pereira Barreto. 2020.

ECCE SCRIPTA. **Como classificar as pesquisas?** 2014. Disponível em: <https://eccescrpta.wordpress.com/2014/01/21/como-classificar-as-pesquisas/>. Acesso em 19 abr. 2021.

FILIPPI, Giancarlo de. **Diagrama tempo-caminho**: uso de linhas de balanço para planejamento e controle de obra. 2017. Disponível em: <https://static.eventials.com/media/e55e91b2cc22ba117ba8d1546537f7a4c037cf67/825a296c9a4e09b9a093e1d79aa17608f5552cf4/1504638062/01web09apresentacaofinal.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing System at Toyota**. Nova Iorque: *Oxford University Press*, 1999.

GEHBAUER, F. **Planejamento e gestão de obras**: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha. Curitiba: Editora CEFET-PR, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 05 mai. 2021.

ISATO, EDUARDO; FORMOSO, CARLOS T. A nova filosofia de produção e a redução de perdas na construção civil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, Santa Catarina.

ISHIKAWA, K. **Quality Control Circles at Work: Cases from Japan's Manufacturing and Service Sectors**. California: Asian Productivity Organization, 1984.

_____. **Controle de qualidade total**: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

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

KATAYAMA, H. 1996. *Lean production in a changing competitive world: a Japanese perspective*. **International Journal Operations and Production Management**, Bingley, v. 16. n. 2, p. 8–23.

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

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction: Technical Report n. 72**. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford, 1992. Disponível em: <https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

LOGÍSTICA NOSSA DE CADA DIA. **Produção puxada e empurrada**: Conceito e aplicação. 2017. Disponível em: <http://lndcd.blogspot.com/2017/11/producao-puxada-e-empurrada-conceito-e.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

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

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: Universidade Federal de Santa Catarina. 1998. p. 687- 695.

MILBERG, C.; TOMMELEIN, I. **Role of tolerances and process capability data in product and process design integration**. 2003. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.308.5119&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

MILTENBURG, J. **Balancing and scheduling mixed-model U-shaped production lines**. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*. Itália, v. 14. p. 119–151, 2002.

MONDEN, Y. **Produção sem estoques**: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota. São Paulo: IMAM, 1984.

MOORE, D. **Project management: Designing effective organizational structures in construction**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2002.

MOSER, L.; SANTOS, A. **Exploring the role of visual controls on mobile cell manufacturing: A case study on drywall technology**. In: *Annual Conference on Lean Construction. Proceedings*, 11. 2003. **Anais [...]** Blacksburg, Virginia, p. 11–23, 2003.

MOURA, R. **Kanban**: A simplicidade no controle de produção. 6. ed. São Paulo: IMAN, 1989.

MOURA, S. L. M.; HEINECK, L. F. M. **Linha de balanço**: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 15., 2014, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: ANTAC, 2014.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

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

SANTOS, A., POWELL, J., SHARP, J., FORMOSO, C. **Principle of transparency applied in construction**. In: *Annual Conference on Lean Construction. Proceedings*, 6., 1998. **Anais [...]** Guarujá, Brasil, p. 16–23, 1998.

SCHMENNER, R. W. **Production/operations management: From the inside out**, 5. ed. Nova Iorque: Maxwell Macmillan, 1993.

SHINGO, S. **Zero quality control: Source inspection and the pokayoke system**. 4. ed. Cambridge: Productivity, 1985.

_____. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

TOMMELEIN, I. D.; RILEY, D.; HOWELL, G. A. **Parade Game: impact of work flow variability on succeeding trade performance**. In: *Annual Conference on Lean Construction. Proceedings*, 6., 1998. **Anais [...]** Guarujá, Brasil, p14, 1998.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D.C. **Manufacturing Planning & Control Systems**. 4. ed. *Manhattan: McGraw Hill*, 1997.

WEST, J. **Building a high-performing project team: Field guide to project management**. Nova Iorque: *Van Nostrand Reinhold*, 1998.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 5. ed. Tradução: Ivo Korytovski. Rio de Janeiro: *Campus*, 1992

YANG, T.; PETERS, B. *Flexible machine layout design for dynamic and uncertain production environments*. **European Journal of Operational Research ELSEVIER**, Oxford, v. 108, n. 1, p. 49–64, 1998.