

# **PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING ASSOCIADA AO LEAN PRODUCTION NO PROCESSO DE FÔRMAS DE VIGAS**

**Tiago Linhares da Silva  
Raquel Cristina Neves Leite  
Jéssica Cristina de Abreu Romão  
Assíria Edlaine de França Lemos**

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO *SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING* ASSOCIADA AO *LEAN PRODUCTION* NO PROCESSO DE FÔRMAS DE VIGAS**



Tiago Linhares da Silva  
Raquel Cristina Neves Leite  
Jéssica Cristina de Abreu Romão  
Assíria Edlaine de França Lemos

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO  
*SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING* ASSOCIADA  
AO *LEAN PRODUCTION* NO PROCESSO DE  
FÔRMAS DE VIGAS**

1<sup>a</sup> Edição

Quipá Editora  
2022

Copyright © dos autores e autoras. Todos os direitos reservados.

Esta obra é publicada em acesso aberto. O conteúdo dos capítulos, os dados apresentados, bem como a revisão ortográfica e gramatical, são de responsabilidade de seus autores, detentores de todos os Direitos Autorais, que permitem o download e o compartilhamento, com a devida atribuição de crédito, mas sem que seja possível alterar a obra, de nenhuma forma, ou utilizá-la para fins comerciais.

**Revisão e Normalização:** dos autores e autoras.

A presente obra é oriunda de um Trabalho desenvolvido no Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ.

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

P965 Proposta de implementação do Systematic Layout Planning associada ao Lean Production no processo de fôrmas de vigas / Tiago Linhares da Silva ... [et al.]. — Iguatu, CE : Quipá Editora, 2022.

53 p. : il.

ISBN 978-65-5376-017-2  
DOI 10.36599/qped-ed1.137

1. Construção civil. 2. Fôrmas de vigas. 3. Systematic Layout Planning. 4. Lean Production. I. Silva, Tiago Linhares da. II. Título.

CDD 690.028

---

Elaborada por Rosana de Vasconcelos Sousa — CRB-3/1409

## **APRESENTAÇÃO**

A indústria da construção civil vem enfrentando dificuldades nos últimos anos motivada pela crise financeira que assola o país. Neste cenário desfavorável, as construtoras vêm buscando cada vez mais mecanismos que melhorem seus índices de produtividade, reduzam seus custos construtivos e as tornem cada vez mais competitivas. O aprimoramento constante dos fatores produtivo associado a um bom planejamento tende a conduzir a organização a torna-se cada vez mais eficiente e eficaz. Este estudo tem como objetivo propor um *layout* para o processo de execução das fôrmas de vigas por meio do método *Systematic Layout Planning* (SLP) associado ao *Lean Production*, em uma construção de um edifício multipavimentos localizado na cidade de João Pessoa. Onde se avaliou as inter-relações dos componentes do processo escolhido seguindo critérios de análise específicos e a partir dos projetos arquitetônico e de fôrmas analisou-se a melhor disposição dos componentes nas áreas disponíveis. Seguindo os procedimentos do SLP associado ao *Lean Production* obteve-se uma proposta de um *layout* do processo de fôrmas de vigas com especificações que buscam facilitar a execução.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	06
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	09
1.1 Layout.....	09
1.2 Layout por Processo.....	12
1.3 Layout Por Produto.....	12
1.4 Layout Por Posição.....	13
1.5 Layout Celular.....	13
2. Systematic Layout Planning.....	14
3. Lean Production.....	16
3.1 Breve Histórico.....	16
3.1.1 Caracterização do Lean Production.....	19
4. Desperdício.....	20
4.1 Superprodução.....	22
4.2 Superprocessamento.....	23
4.3 Espera.....	23
4.4 Transporte.....	24
4.5 Movimento.....	24
4.6 Estoque.....	25
4.7 Correção/Defeito.....	25
5. Fôrmas de estruturas.....	26
5.1 Aspectos Normativos.....	27
CAPÍTULO 2 - OBJETIVO.....	30
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	31
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Estudo de caso.....	37
4.2 Processo.....	38
4.3 Sistematização do método.....	40
4.3.1.Diagrama de Inter-relação.....	40
4.3.2 Diagrama de Inter-relações de Espaço.....	43
4.3.3 Layout proposto.....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

## INTRODUÇÃO

A busca pelo aprimoramento dos processos produtivos visando ganhos de produtividade é o objeto de estudo de muitos desde o início do processo de industrialização. A construção civil, nos últimos anos, passou por diversos processos de aperfeiçoamento de seus fatores produtivos, a fim de se realinhar com as tecnologias e metodologias de gestão bastante exploradas em indústrias como automobilísticas.

Segundo levantamento do tribunal de contas da união (TCU, 2019) encontra-se no Brasil 14.403 obras públicas paralisadas ou inacabadas, a maioria destas estão assim devido a projetos mal elaborados e a falta de planejamento. Esses dois fatores geram diversos problemas no decorrer da construção como: desperdício de matéria prima, aumento dos imprevistos, improdutividade, mal alocação dos insumos, ferramentas e mão de obra, problemas de gestão, dentre outros fatores.

De 2014 até o primeiro trimestre de 2019 o PIB da construção civil registrou queda acumulada de 29,69%, segundo dados do (IBGE, 2019). Em 2019 esse cenário de queda mudou e a indústria da construção civil fechou o ano com um crescimento de 1,6%. Apesar de terminar o ano com superávit o setor teria que avançar aproximadamente 46,7% para retomar ao período pré-crise, entretanto os economistas preveem que a saída da recessão econômica atual do país será de forma gradual (Ibre/FGV, 2019). Isto demonstra aos construtores a necessidade de buscar ferramentas que otimizem seus processos construtivos a fim de cortar custos e aumentar a produtividade.

O aprimoramento dos processos construtivos pode ser alcançado com a aplicação de métodos existentes, tais como: *Lean Production*. Dentre estes, o desenvolvimento de bons *layouts* se mostra uma excelente ferramenta, pois segundo Muther (1972), tem como objetivo principal facilitar todas as etapas dos processos fabris. A construção de uma edificação passa por várias etapas necessitando de diversos insumos e ferramentas, e buscar posicionar estes em pontos estratégicos é essencial. Segundo Muther (2004), o *systematic layout planning* (SLP) é um método que auxilia na determinação da disposição dos insumos, instalações, equipamentos, colaboradores, dentre outros.

Utilizar o SLP para desenvolver *layouts* detalhando a alocação e locomoção externa e interna de todos os componentes necessários para a construção de um edifício tende a aumentar a produtividade da obra. Pois com o auxílio de *layouts* torna-se mais fácil a condução da obra, pois possibilita mapear todos os processos e indicar a ordem de como serão executados, facilitando o emprego de um modelo de gestão que diminuirá as perdas e desperdícios e ainda aumentará a eficiência e eficácia da construção.

A construção de uma edificação é composta por diversos processos distribuídos em fases, como fundação, estrutura, alvenaria, dentre outros. Muitos desses processos repetem-se tendo em conta que se constrói as fases por partes e não e como um todo, seguindo uma forma estabelecida em um projeto arquitetônico que pode ter alteração ou não em cada pavimento. Sendo o SLP uma ferramenta que auxilia no planejamento do projeto de um *layout* identificando, classificando e visualizando as suas

várias atividades, relações e alternativas o seu emprego na construção civil é diverso (MUTHER e WHEELER, 2000).

O emprego do SLP, na elaboração de arranjos físicos, já ocorreu nos diversos setores que compõem a indústria. Araújo (2015), Schio (2017) e Elias *et al* (1998) realizaram estudos de casos com a implementação deste método na construção civil elaborando os *layouts* do canteiro de obra. Avaliando os fluxos que ocorrem no decorrer da construção, espaço disponível e os espaços necessários, propondo um novo arranjo físico.

Um bom arranjo físico corrobora para uma gestão mais eficiente e eficaz, entretanto só ele não é suficiente para tornar uma organização cada vez mais produtiva. Faz-se necessário uma busca constante de meios que aprimorem os fatores envolvidos nos processos de produção de um bem, seja tangível ou intangível. Um mecanismo bastante usado ao redor do mundo nos mais diversos sistemas de produção, para alcançar tal objetivo, é o *lean production*. O sistema de produção automobilística japonesa, tendo a Toyota como principal, ficou conhecido ao redor do mundo como *lean production*, esse por sua vez é uma filosofia que norteia as instituições na busca constante pelo aprimoramento (JONES, ROOS e WOMACK, 2004).

Pode-se observar certa resistência a mudanças tecnológicas na indústria da construção, considerando que dentro de obras de edificação usa-se mais a mão de obra humana que aparatos tecnológicos. Essas questões somadas a outros fatores corroboram para o crescimento de custos que não agregam valor ao produto final, ou seja, produzem desperdícios. A implementação do *Lean Production* entra na organização com intuito de demarcar seus problemas e buscar soluções para estes visando cortar os desperdícios e aprimorar todos os fatores envolvidos na produção.

Toda obra, independente do porte, necessita de um bom planejamento para obter bons resultados. A ausência ou deficiência de um planejamento, segundo Mattos (2010), produz consequências catastróficas para o bom funcionamento de uma obra. Onde os prazos e metas não serão cumpridos, orçamento estourado, problemas com clientes, litígios judiciais, dentre outros.

Os países subdesenvolvidos possuem uma cultura típica de construir sem bons projetos e até mesmo sem planejamento, com a visão errônea de que isso possui custo alto e não agraga valor. A ausência destes cria senários ideias para ocorrência de muitos imprevistos, falhas e geração de custos que não agregam valor (CRISTO, 2009; MELO, 2012).

Toda organização busca incansavelmente cortar custos, porém isso é uma tarefa complexa e que exigem muito empenho na busca de mecanismo para o fazer sem que este afete a qualidade do produto final (CRISTO, 2009). O planejamento entra nesse aspecto como a ferramenta fundamental para a obtenção de resultados positivos diante do combate dos mais diversos tipos problemas que podem vir a ocorrer em uma obra. É com ele que se analisasse ricos, custos, prazos, qualidade, dentro outros no decorrer do curso da construção e assim cria-se um ambiente de gestão mais favorável a eficiência e eficácia (BELMIRO, 2018).

A junção destes dois mecanismos na elaboração do estudo de caso que avalia a execução de fôrmas de vigas tende a possibilitar uma melhor gestão no decorrer da obra, onde espera-se alcançar melhorias no desempenho dos processos construtivos com *layouts* detalhando o processo. Aumentar as receitas e minimizar os custos é desejo de toda organização e tomar como referências métodos implementados que já lograram resultados positivos é o ponto de partida para colher os resultados almejados.

## CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 Layout

Esta pesquisa apresenta uma proposta de implementação do mecanismo SLP associado ao *Lean Production* dentro de uma obra de uma construção de uma edificação multipavimentos, com o intuito de desenvolver um bom *layout* de um processo em específico e assim auxiliar no planejamento de gestão da empresa. A seguir são apresentados os temas que fundamentam a base teórica da pesquisa, tais como: *Layout*, SLP, *Lean Production*, Desperdícios e Fôrmas onde será expresso os fundamentos teóricos para a referida pesquisa.

A elaboração de *layouts* ruins pode gerar uma série de problemas de diversas ordens que podem causar impactos desde os elementos envolvidos nos processos até consumidor final (clientes). Entretanto, o desenvolvimento de um bom layout evita possíveis problemas e ainda aprimora os serviços e fatores de produção tornando a organização mais competitiva atraindo novos clientes (FITZSIMMONS A e FITZSIMMONS J, 2010; SCHMENNER, 1995 apud GOHR; LAITANO; SANTOS, 2012).

Correa C e Correa H (2007) define arranjo físico, que recebe o nome *layout* na literatura inglesa, como sendo “a maneira segundo a qual se encontram dispostos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro da instalação de uma operação.” Considerando essa definição *layout*’s é como um mapa que demarca a circulação e localização de todos os fatores necessários para o bom funcionamento de uma instalação. Sendo assim, elaborar um arranjo físico é tarefa primordial na busca de um bom desempenho dos fatores presentes em uma operação.

A elaboração de um arranjo físico eficiente segundo Krajeweski, Malhotra e Ritzman (2017) tende a:

- Facilitar o fluxo de matérias e informações;
- Aumentar a utilização eficiente de mão de obra e equipamentos;
- Reduz os riscos para os trabalhadores;
- Melhora a comunicação (KRAJEWESKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2004).

Considerando os tópicos acima um bom *layout* incrementa uma série de benefícios, onde a circulação dos insumos, colaboradores e informações flui com mais eficiência. A produtividade tende a aumentar e os riscos de acidentes diminui com a boa distribuição de todos os fatores envolvidos além da melhora na comunicação, com a diminuição de ruídos.

*Layout* de cadeias produtivas preocupa-se com a boas alocações físicas de todos os aparatos envolvidos nos processos de desenvolvimento de sua atividade econômica fim, sendo estes, máquinas, matéria prima, equipamentos, pessoas, dentre outros (TOMPKINS et al apud GOHR; LAITANO; SANTOS, 2012).

Para Moreira (2012) o processo planejamento de desenvolvimento de um arranjo físico é tomar as decisões necessárias para a forma como serão distribuídas, na instalação, todas os centros de trabalho. Os centros de trabalho são qualquer coisa que possa ocupar espaço: um departamento, sala, pessoas, maquinário, equipamentos etc. Na elaboração de um *layout* o ponto central é a busca por tornar mais simples e suave o fluxo das atividades envolvidas no processo, seja no movimento de matérias como no de pessoas (LAUGENI e MARTINS, 2005).

A concepção de um arranjo físico engloba uma série de decisões que devem ser tomadas da maneira pela qual será feita a alocação dos diversos mecanismos que formão a instalação. Antes de tomar tais decisões da disposição centros de atividades Krajeweski, Malhotra e Ritzman (2017) aconselha responder as seguintes perguntas:

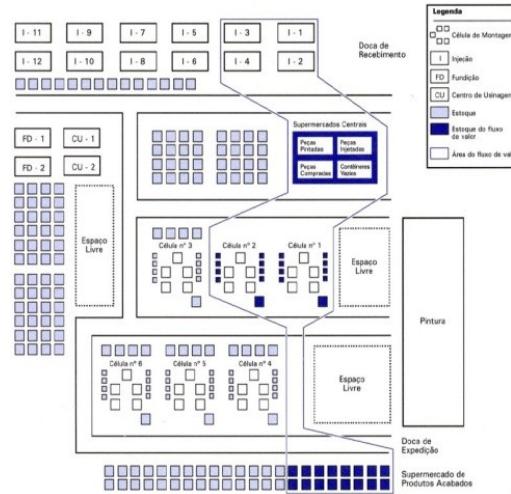
- Que centros o arranjo físico deve incluir?
- Quanto espaço e capacidade cada centro necessita?
- Como deve ser configurado o espaço de cada centro?
- Onde cada centro deve ser localizado? (KRAJEWESKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

Os centros de atividades englobam diversos componentes que se relacionam entre si, a busca pela maximização da produtividade é fator primordial no planejamento de um arranjo físico. Para se obter bons resultados é necessário bom senso na escolha do que será incluso, visando o bom funcionamento. O local onde será desempenhado as atividades deve apresentar um espaço compatível para um funcionamento eficiente, que não gere desconforto por falta de espaço e nem desperdício por excesso (KRAJEWESKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

Esse espaço deve ser configurado de maneira que permita fluidez nas interações dos mecanismos que o ocuparão. Na configuração deve-se considerar uma boa localização para permitir uma relação entre as atividades eficiente tornando-as mais produtivas, para uma boa compreensão observa a figura 4 (KRAJEWESKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

A tomada de decisões sobre arranjo físico está alinhada com o foco primordial de toda organização, torna-se cada vez mais produtivas aumentando a competitividade e maximizando os lucros (MOREIRA, 2012). Um *layout* por mais eficiente que seja é impossível de torna o desempenho de todas as operações excelentes, ou seja, funcione perfeitamente sem erros. Porém, vale salientar que as decisões de um *layout* têm impacto direto no grau de eficiência e eficácia das operações, onde um bom projeto de arranjo físico pode eliminar atividades improdutivas e alavancar a produtividade, a figura 1 exemplifica um *layout* (CORREA C e CORREA H, 2007).

**Figura 1:** Exemplo de um layout (arranjo físico)



Fonte: Laugeni e Martins, 2005.

Com um bom planejamento nas decisões tomadas no decorrer do desenvolvimento de um arranjo físico, segundo Corrêa C e Corrêa H (2007) produzem uma série de benefícios que podem ser observados no quadro 1.

### **Quadro 1:** Benefícios de um bom arranjo físico

1	Minimizar os custos de manuseio e movimentação interna de materiais;
2	Utilizar o espaço físico disponível de forma eficiente
3	Apoiar o uso eficiente da mão-de-obra
4	Facilitar comunicação entre as pessoas envolvidas na operação
5	Facilitar a entrada, saída e movimentação dos fluxos de pessoas e de materiais
6	Incorporar medidas de qualidade
7	Facilitar manutenção dos recursos, garantindo fácil acesso
8	Facilitar acesso visual às operações, quando adequado
9	Encorajar determinados fluxos
10	Auxiliar na criação de determinadas percepções nos clientes

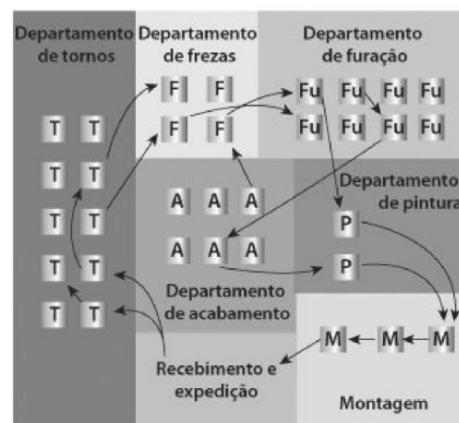
Fonte: CORREA C; CORREA H, 2007.

As referências bibliográficas classificam os arranjos físicos em basicamente quatro tipos, todos com diferentes bastante específicas que tem foco no aprimoramento do desempenho dos diversos processos de uma organização, sendo estes layouts: por processo, produto, posição e celular (CORREA C e CORREA H, 2007; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017; LAUGENI e MARTINS, 2005; MOREIRA, 2012).

## 1.2 Layout Por Processo

Nesse tipo de arranjo físico as operações são distribuídas de acordo com a similaridade da função ou processo, onde a movimentação pode ocorrer dentro de um departamento ou entre departamentos de acordo com a necessidade, como pode ser visto na figura 2 (MOREIRA, 2012). Ele é apropriado quando há grande quantidade de fluxos passando por um mesmo setor, pois desfrutar uma boa circulação que proporcione uma relação boa entre os processos é tarefa do planejamento do layout por processo (CORREA C e CORREA H, 2007; KRAJEWESKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2004).

**Figura 2:** Arranjo físico por processo

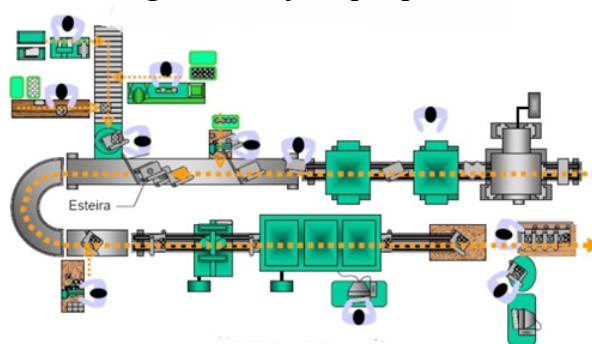


Fonte: Laugeni e Martins, 2005.

## 1.3 Layout Por Produto

Neste tipo de arranjo é bastante utilizado quando uma produção segue uma linha onde todos os mecanismos das operações são distribuídos continuamente, estabelecendo uma relação entre todos os processos, observar figura 3 (KRAJEWESKI e RITZMAN, 2004). Não apresenta variações no produto, em desenvolvimento, e demanda uma grande quantidade de máquinas envolvidas nos processos (LAUGENI e MARTINS, 2005).

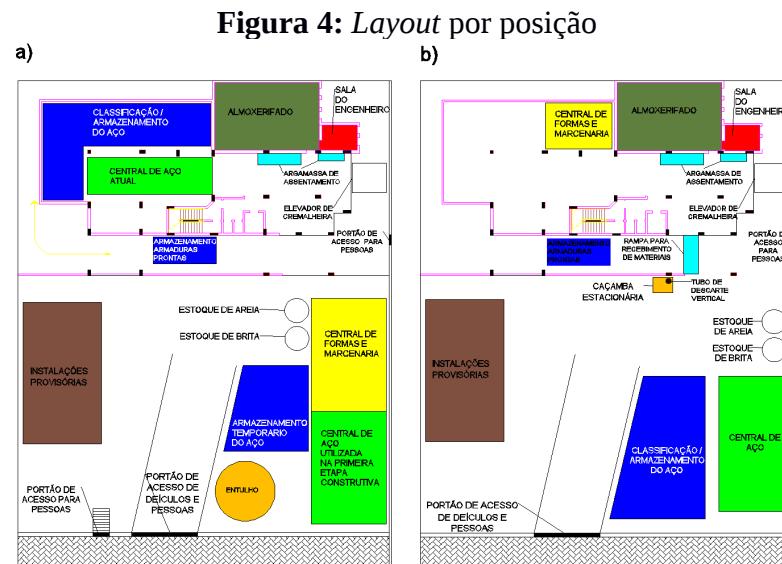
**Figura 3:** Layout por produto



Fonte: Miyake apud Doblas, 2010.

## 1.4 Layout Por Posição

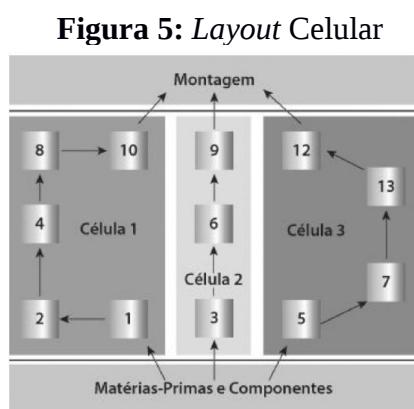
Este caracteriza-se pela impossibilidade de locomoção do produto fim devido peso ou por ser fixo em um local, onde todas as operações são realizadas em torno dele, é exemplo construção de navios, obrar civis, entre outros, observar figura 4 (CORREA C e CORREA H, 2007). Apresenta características únicas que dificulta a padronização das operações e envolve uma série de processos distintos que exige profissionais específicos (MOREIRA, 2012).



Fonte: Moro, 2015.

## 1.5 Layout Celular

O arranjo celular busca corrigir imperfeições de outros tipos de *layout*, quando em uma determinada instalação é necessários dois tipos de arranjos. Com ele busca-se juntar os dois tipos gerando um *layout* híbrido, onde o material movimenta-se dentro do celular no decorrer dos processos, observar figura 5 (KRAJEWESKI e RITZMAN, 2004; LAUGENI e MARTINS, 2005).



Fonte: Laugeni e Martins, 2005.

## **2. SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING**

Na década de 50 o engenheiro Richard Muther desenvolveu o método *systematic layout planning* (planejamento sistemático de layout), que ficou conhecido como sistema SLP. Onde com este era possível analisar como seria desenvolvido o arranjo físico funcional de uma instalação. Tal método ganhou popularidade ao redor do mundo devido ser bastante útil em determinadas situações (CORREA C e CORREA H, 2007).

Realizar o planejamento dos processos ligados a produção de algo, possibilita a integração de todos os fatores envolvidos no desenvolvimento de um bem, onde seus movimentos e rearranjos serão dispostos de forma lógica. Ao se planejar os movimentos e arranjos de uma instalação, elaborando *layouts*, tende-se a evitar possíveis problemas futuros com alocação de equipamentos e mão de obra, pois manipular tais mecanismos em plantas em computadores e maquetes é mais fácil que dentro da própria edificação (MUTHER e HALES, 2015).

Segundo Muther e Wheeler (2000, p.5) o sistema SLP é definido como:

[...] uma estrutura de fases através da qual cada projeto deve passar de um padrão de procedimentos para o planejamento contínuo de convenções para identificação, visualização e classificação de várias atividades, relações e alternativas envolvidas em qualquer projeto de layout (MUTHER, WHEELER, 2000, p.5).

O SLP é uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento de um *layout*, onde estabelece os dados de entrada, analisa-se as inter-relações entre os fatores envolvidos nos processos por meio de um diagrama de relações, monta um diagrama de inter-relação de espaço e, por fim, desenvolve o layout. Para Perritti (2014) o SLP é uma forma de organização da distribuição dos sistemas ligados aos projetos de arranjo físico, incorporado por fases, com procedimentos e identidade própria, análise e visualização de todos os fatores e áreas ligadas a uma instalação.

Segundo Weil (1979) o método de Muther pode apresentar-se como um fluxograma de processo inter-relacionado com o ambiente, onde avalia-se o espaço disponível, os serviços e fatores envolvidos em um determinado processo. Considerando isto, como é impossível elaborar um *layout* perfeito o SLP pode proporcionar o desenvolvimento de um *layout* mais apropriado as necessidades vigentes em um possível projeto de um arranjo físico.

A aplicação do método SLP requer uma série de informações de modo que possibilite um estudo detalhado dos processos e os recursos que iram compor o projeto final de instalação. Essas informações recebe o nome de dados de entrada, são estabelecidos com base nos objetivos do projeto no qual se deseja elaborar (PERRETTI, 2014).

No modelo de procedimentos do SLP, se faz necessário estabelecer as variáveis que estarão envolvidas no processo, no qual se avalia. Sem tais variáveis fica impossível de obter um projeto de instalações que atendida todos os objetivos de aprimoramento, flexibilidade e máximo desempenho (PERRETTI, 2014).

Para Moreira (1996, p. 259), podem-se elencar pelo menos três motivos pelos quais se verifica que as decisões tomadas sobre arranjo físico são importantes:

1. Elas afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações;
2. Mudanças no arranjo físico podem implicar dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias nas instalações, entre outros fatores;
3. As mudanças podem representar elevados custos e/ou dificuldades técnicas para futuras reversões; podem ainda causar interrupções indesejáveis no trabalho (MOREIRA, 1996, p. 259).

Considerando os três motivos apresentados anteriormente, fica clara a importância do planejamento de layouts, pois este apresenta implicação direta na produtividade, além de causar muitos problemas e perdas financeiras quando mal elaborado.

Estabelecer uma boa localização dos elementos é de grande importância, pois pode afetar o potencial de competitividade além de favorecer a ocorrência de diversos problemas internos e externos. Em empresas manufatureiras, a localização tem impacto direto nos seus custos diretos, como transporte, matéria prima, mão de obra, dentre outros. Em prestadoras de serviços a localização tende a afeta o bem-estar do cliente, o fluxo logístico das operações internas, a visibilidade das operações, entre outros (CORREA C; CORREA H, 2007).

Segundo Muther e Hales (2015, p. 7) qualquer layout envolve:

1. Relacionamentos - o grau relativo de proximidade desejado ou necessário entre coisas;
2. Espaço - a quantidade, tipo e forma ou configuração das coisas que estão sendo colocadas fora;
3. Ajuste - o arranjo das coisas para um melhor ajuste realista. (MUTHER e HALES, 2015, p. 7)

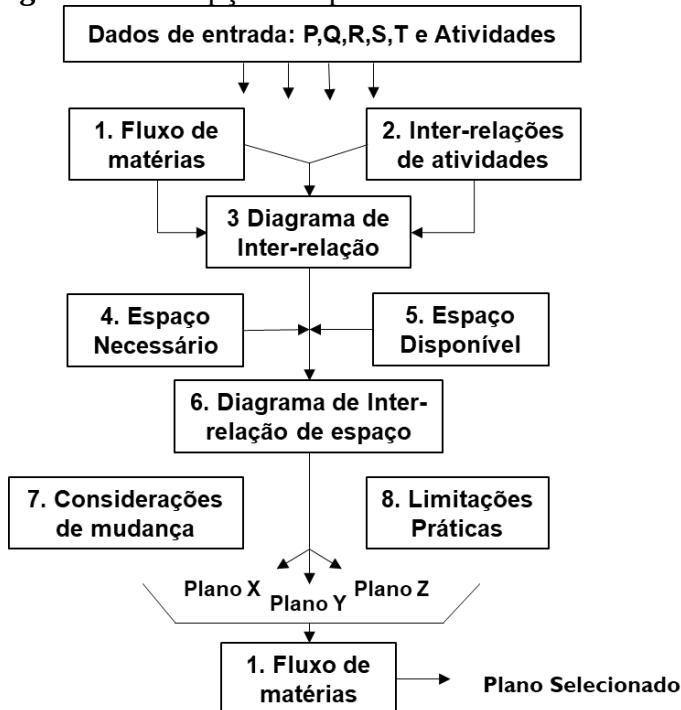
No tópico 4.1 foi bastante explorado os aspectos que envolve o processo de desenvolvimento de um *layout*, que será produto final deste estudo. O sistema SLP proposto por Mulher (1954) é uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento de arranjos físicos e as considerações, feita no tópico já citado, são de grande importância para a compreensão do uso deste. Os três itens citados acima é base para a aplicação do SLP, lhe dar com a relação dos fatores que compõe os processos, analisar o espaço disponível e ajustar este da melhor forma é o meio pelo qual se produzirá um bom *layout*.

A figura 6 demonstra como funciona a metodologia SLP. Muther e Hales (2015) especifica que inicialmente deve-se averiguar os dados de entrada que compõe o processo que são nada mais que insumos, ferramentas, pessoal e as atividades desempenhadas por eles. Tendo feito o levantamento destes dados, dois passos devem ser feitos, primeiro analisar como seria o fluxo destes matérias dentro da instalação e segundo a inter-relação que essas atividades têm entre si.

Com as duas primeiras etapas concluídas parte-se para a terceira a produção de um diagrama de inter-relação, que analisará como os elementos presentes nos processos se relacionam, se é necessário está próximo, o grau de relevância do processo, dentre outros. O produto principal do SLP é justamente esse diagrama ele é a peça chave para a elaboração dos demais passos. Com o diagrama

pronto inicia-se o quarto e quinto passo a análise dos dados de entrada do espaço necessário para alocar eles e como serão distribuídos no espaço disponível (MUTHER E HALES, 2015).

**Figura 6:** Concepção dos procedimentos do sistema SLP



Fonte: Muther e Hales, 2015.

É no sexto passo que os primeiros esboços do arranjo físico começam a surgir. Com a análise do espaço disponível e o necessário parte-se para o planejamento da disposição da inter-relação dos dados de entrada com o espaço. Nessa fase entra as considerações de mudança que podem ocorrer no decorrer do desenvolvimento, pois existe limitações e estas por sua vez geram incógnitas que devem ser analisadas com a atenção. Feito isso, tem como produto mais de um *layout* para poder analisá-los detalhadamente e selecionar o mais apropriado para a situação que será aplicado (MUTHER E HALES, 2015).

### 3. LEAN PRODUCTION

#### 3.1 Breve Histórico

Após a segunda guerra mundial a Toyota enfrentava uma crise severa, além de diversas dificuldades de gestão, que em treze produziu apenas 2.685 automóveis, enquanto a americana Ford produzia 7.000 unidades por dia (DENNIS, 2008). Essa situação levou Eiji Toyoda a fazer uma visita à Rouge em 1950, fábrica da Ford em Detroit, onde ficou durante três meses estudando todas as práticas adotadas no sistema de produção. De volta ao Japão junto com o engenheiro Taiichi Ohno chegaram à conclusão que o sistema de produção em massa não se aplicava na realidade deles, pois grandes estoques, diversas máquinas para produção de apenas uma peça, dentre outros, abria margem para diversos problemas (JONES, ROOS e WOMACK, 2004).

Foi em 15 de agosto de 1945 que o Japão perdeu a guerra; esta data marcou também um novo começo para a Toyota. Kiichiro Toyoda, então presidente da Toyota Motor Company, disse

Alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá.” (...) Isto fez com que a razão entre as forças de trabalho americana e japonesa fosse de 1 para 9. E ainda me lembro a minha surpresa ao ouvir que era preciso de nove japoneses para fazer o trabalho de um americano (Ohno, 1988, p. 25).

A citação acima demonstra a gravidade dos problemas que a Toyota enfrentava e que a busca da melhora dos fatores de produção da indústria exigiria mudanças radicais e com impactos imediatos. Seria um desafio e tanto para as lideranças da Toyota e o principal membro encabeça tal desafio seria o engenheiro Taiichi Ohno (JONES, ROOS e WOMACK, 2004).

Ohno (1978) sabia que o trabalhador era o ponto central para a ocorrência de todas as mudanças necessárias, e o engajamento de todos e a busca constante do aperfeiçoamento da mão de obra foi uma das soluções aplicadas no decorrer dos anos e para época aprimorar a mão de obra era uma ideia inovadora (DENNIS, 2008). Ohno (1978) sempre ia fundo na busca da solução para os problemas, trabalhando de forma sistemática resolvendo os problemas um por um, superando todos os desafios que surgiam. Ele sempre buscava realizar experimentos na fábrica e isso começo a resolver os problemas, com um tempo nada era debatido se não fosse feito antes um experimento no chão da fábrica para verificar se a solução produziria resultados. Essas práticas resolveram muitos problemas, porém muitos outros comeram a se revelar (LIKER, 2018).

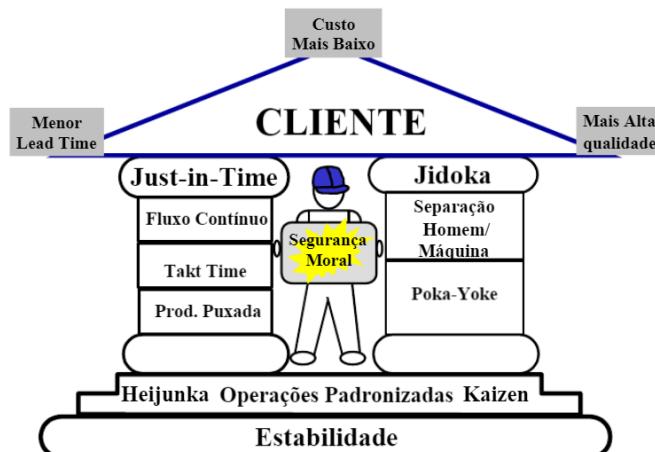
Com o passar do tempo Ohno (1978) começou a perceber que produzir lotes menores com trocas rápidas seria uma alternativa muito eficiente para cortar custos. Além disso aumentaria a qualidade das peças fabricadas, pois em quantidades menores torna-se mais fácil detectar problemas (DENNIS, 2008). Para trabalhar com tal estratégia era necessário um sistema de produção que permitisse uma integração muito eficiente em todos os passos que basicamente impossibilitasse os desvios de padrão. A parti disto o mais apropriado seria desenvolver um cronograma de produção nivelado onde todos os fatores envolvidos deveriam desempenhar suas atividades de forma igual e assim estabelecer um ritmo estável dentro da fábrica (LIKER, 2018).

A busca pelo enxugamento da produção e a redução dos desperdícios tornou-se filosófica na Toyota e Liker e Meier (2007) usaram das próprias palavras de Ohno (1978) para descrever isso: “tudo que estamos fazendo é olhar a linha de tempo desde o momento em que o cliente nos faz o pedido até o ponto quando coletamos o pagamento. E estamos reduzindo essa linha de tempo, removendo as perdas sem valor agregado” (Ohno apud Liker & Meier, 2007, p.51). Ou seja, ele diz com isso que toda a equipe da Toyota está focada em se aprimorar cada vez mais e com isso desenvolver técnicas e mecanismos que possibilite o aprimoramento da produção de modo a torna-la cada vez mais eficiente e eficaz cortando todos desperdícios que forem detectados.

A figura 7 descreve a estrutura que compõe o TPS (*toyota production system*), em português sistema Toyota de produção, que tem a forma de uma casa. O teto representa os clientes e para satisfazer estes os produtos devem ser produzidos com a melhor qualidade, no menor tempo e custo. Para esses objetivos serem atendidos todos os elementos que formam a casa devem estar em total equilíbrio e numa busca constante pela perfeição (LIKER, 2018).

Para alcançar esse nível de satisfação dos clientes se faz necessário uma boa base, que disponha de excelentes máquinas e ferramentas e uma mão de obra apta a desempenhar suas funções com excelência. A instituição tem que criar um ambiente seguro e motivador onde todos os processos fluam de forma harmônica com recurso humano em constante aperfeiçoamento e assim pode levar a organização o mais próximo possível da perfeição (LIKER, 2018).

**Figura 7:** Sistema Toyota de Produção.



Fonte: Ghinato, 2000.

Na década de 80 os pesquisadores do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), um programa de pesquisa do MIT, apresentou o TPS e este chamou de *lean production* (produção enxuta). Esse termo definia um sistema de produção moderno e com um grau de eficiência superior aos demais agentes do segmento automobilístico, flexível, ágil e inovador com ferramentas que possibilitava encarar o mercado em constante mudança (GHINATO, 2000).

O TPS foi a principal fonte de inspiração para surgimento do termo *lean* (enxuto) dentre as diversas definições existentes pode-se tomar essa palavra como sinônimo de excelência organizacional. Esse termo foi usado no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” que apresenta um estudo comparando a empresas da indústria automobilística dos EUA, Europa e Japão. Neste foi constatado que as indústrias automobilísticas japonesas eram mais eficientes e eficazes que as demais em qualquer método que fosse utilizado. E a forma como essas empresas conduziam suas organizações e todos os mecanismos utilizados atribuiu-se o nome *lean*, dentre elas a Toyota era a que mais se destaca (GHINATO, 2000. LIKER, 2018).

### 3.1.1 Caracterização do *Lean Production*

A metodologia *Lean* para Dennis (2008) tem foco na busca constante pela redução do uso de todos os fatores necessário para a produção de bem, ou seja, fazer mais com menos. Para que isso ocorra requer fascínio pela buscar de resolver problemas de modo que possibilite melhores condições para os cientes e sociedade. Entretanto, se faz necessário um largo conhecimento do comportamento das pessoas, pois todas possuem limitações e procurar aumentar a capacidade de adaptação e inovação é crucial para o êxito do método (LIKER, 2018).

A definição de *Lean* é dado por Ghinato (2000) como sendo:

É uma filosofia de sequenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização (GHINATO, 2000).

Como mostrado na citação acima, *lean* não é uma ferramenta extremamente completa com várias ferramentas perfeitas que com inserção de dados, de uma determinada instituição, irá produzir as soluções dos problemas que a aflige. Na verdade, é uma filosofia de gestão pautada na constante busca do aperfeiçoamento dos processos com a resolução dos problemas existentes e que surgiram.

Para Koenigsaecker (2011, p. 59) a definição de *lean* são distribuídas em dois pilares:

- O conceito e a prática da melhoria contínua;
- O poder do respeito pela pessoa (KOENIGSAECKER, 2011, p. 59).

São diversas as definições de *Lean*, Sayer (2016) enxerga-o como uma prática que engloba todos, desde o cargo mais baixo ao mais alto, com foco no melhor desempenho possível. Para Liker (2018) é a paixão pela busca da perfeição, a partir do esforço constante para gerar o melhor produto e atendimento que possibilite atender as necessidades dos clientes com eficiência e eficácia. De uma forma simples Koenigsaecker (2011) concebe *lean* como: “é tudo que a Toyota faz”, em outras palavras todas as práticas desenvolvidas no decorrer dos anos pelo sistema Toyota de produção.

Quando no ambiente organizacional entra em questão o uso do *lean*, daí em diante ela tem que estender o alcance do seu horizonte, pois mapear problemas, buscar soluções, aprender novas técnicas, aprimorar os processos, dentre outros, são capacidades que devem ser desenvolvidas. Ao adotar tais práticas no decorrer do tempo a organização desenvolverá grande potencial adaptativo e sustentável, e isso a torna mais apta e resistente para lhe dar com as situações mais diversas que iram surgir no dia a dia (BALLÉ, et al, 2019).

Como já mencionado o *lean* tem como um de seus objetivos delimitar os problemas existentes e posteriormente buscar resolvê-los. Um problema dentro de uma organização produz diversas consequências negativas, a busca pela solução deste problema não deve ter foco principal em resolver as consequências deste, pois estas não eliminam a causa raiz, local onde se produz todos os problemas

enfrentados. A solução deve partir com direcionamento na causa raiz, pois assim permite eliminá-lo definitivamente, deste modo deve-se desenvolver a organização de maneira a aceleração a identificação e solução do problema raiz (KOENIGSAECKER, 2011).

Envolta de todos os processos e os elementos que os compõe o ser humano é a peça fundamental para faz tudo fluir. Entretanto, as pessoas não nascem com as habilidades fundamentais para desempenhar funções específicas isso exige que a organização capacite seu colaborador para desempenhar suas funções com maior eficiência e eficácia (LIKER, 2018). O *lean production* é um sistema que possibilita melhorias as pessoas, que pode otimizar qualquer processo. Isso implica que qualquer organização, independentemente de sua atuação, pode usar do sistema LP e gozar dos benefícios que ele produzirá, pois ele cria uma cultura organizacional de aprender a resolver os problemas dos clientes (KOENIGSAECKER, 2011).

Já é de conhecimento o apego de Taiichi Ohno aos experimentos, ele provavelmente seguiu o ensinamento de Henry Ford que dizia: “nossa própria atitude é a de que somos avaliados com a descoberta da melhor maneira de fazer todas as coisas, e deveríamos encarar cada processo empregado na indústria como puramente experimental” (FORD e CROWTHER apud KOENIGSAECKER, 2011). Tal afirmação denota a importância do experimento dentro da organização como principal ferramenta para solucionar problemas e tal prática é comum ser praticada pelo *lean production*.

No LP o termo muda, palavra japonesa para desperdício/perda, é de grande importância ter conhecimento aprofundado, pois causa muitos impactos dentro da organização de diversas ordens. As perdas tiram a possibilidade de se obter a perfeição nos processos, elas causam prejuízos financeiros e ainda pode gerar insatisfação dos clientes. Deste modo, a busca de conhecimento para entender e lhe dar com a muda é tarefa fundamental dentro uma organização de implementa o *lean production* (LIKER, 2018).

#### **4. DESPERDÍCIO**

A busca constante pela solução de problemas existentes em uma organização, prosposto pelo *lean production*, traz consigo a preocupação recorrente de como lhe dar com os desperdícios. Moreira (2012) define desperdício com sendo “o resultado de qualquer atividade que adiciona custo sem adicionar valor”, considerando essa afirmação todo ato realizado em um processo que produz algo que não poça ser comercializado, ou seja, que não agregue valor mais sim uma despesa é tido como uma perda/desperdício.

Com as constantes pesquisas realizadas durante toda a história da indústria, alguns estudos observaram que aproximadamente 5% do tempo total de travessamento é utilizado na geração de valor. Isso implica que 95% do tempo restante é gasto com atividades com potencial considerável para produzir serviços e/ou produtos que não agregam valor, apenas desperdícios. Esses estudos demonstram claramente que independe do porte da instituição e do grau de eficiência e eficácia existe

uma enorme possibilidade de haver embutido em todos processos desenvolvidos uma série de perdas, que possua vez agrega um valor sem retorno no bem produzido (JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018).

No dialeto japonês desperdício recebe o nome de “muda”, e esse todos buscam evitar a ocorrência, já que só gera um custo a mais no bem produzido sem benefícios que atinge diretamente o consumidor. O muda pode ser produzido por espera, transporte, excesso de estoque, dentre outros fatores, esses geram um custo que os clientes não estão dispostos a pagar (DENNIS, 2008; JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018).

No TPS, a principal fonte do *lean production*, vários mecanismos foram desenvolvidos com o passar tempo para eliminar as perdas no decorrer dos processos, desde a matéria prima até o produto final. Além de analisar a cadeia de valor é feita mais uma nas operações, a fim de identificar atividades que não geram valor. Identificar os desperdícios é tarefa fundamental já que esses geravam custos e, portanto, deveriam ser eliminados o mais rápido possível, pois reduzir todos custo desnecessário é essencial pro bom funcionamento do TPS (GHINATO, 2000).

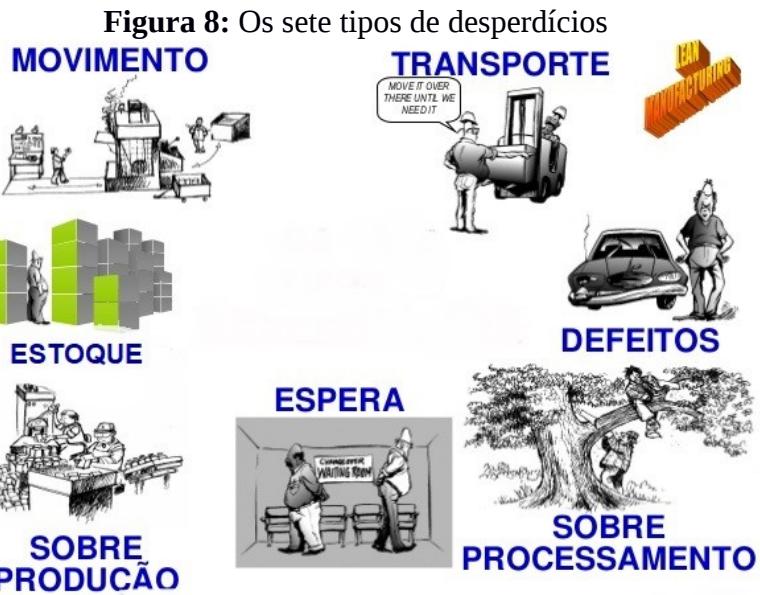
A identificação é tarefa crucial quando se trata de desperdícios e isso é apontando por Martins e Laugeni (2005) onde:

Os desperdícios, de uma maneira ampla, devem também ser identificados em toda cadeia de valor de cada produto, ou família de produtos para posterior eliminação. Faz parte desta cadeia de valor a identificação do produto, o gerenciamento de informações, desde o aceite do pedido até o planejamento detalhado da entrega, e a transformação física dos materiais. (MARTINS e LAUGENI, 2005, p. 463).

Como já foi apontado o desperdício pode estar inserido em todas as atividades presentes no desenvolvimento de um bem, seja ele tangível ou intangível. A dificuldade está em detectá-los, tal tarefa não é simples e exige um empenho considerável no decorrer de todas as etapas do sistema de produção. A mentalidade enxuta, com a busca constante pelo aprimoramento dos processos de produção auxilia diretamente na detecção e eliminação dos desperdícios (FICCHI, 2017).

Uma das grandes mentes por trás TPS, Taiichi Ohno classifica os desperdícios em sete tipos, de modo que permite facilitar na sua detecção, sendo estes, ilustrados na figura 8 (DENNIS, 2008; FICCHI, 2017; GHINATO, 2000; JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017; KOENIGSAECKER, 2011).

- Superprodução;
- Processamento Inadequado;
- Espera;
- Transporte;
- Movimentação;
- Estoque;
- Defeitos.



Fonte: Silva, 2012.

A classificação dos sete tipos de desperdício foi desenvolvida com propósito de facilitar a detecção deste pelos agentes envolvidos nos processos. E assim construir uma visão que possibilite buscar formas de eliminá-los durante o desempenho de suas atividades, uma ilustração demonstrando os sete tipos desperdício pode ser observado na figura 11 (KOENIGSAECKER, 2011).

#### 4.1 Superprodução

Consiste em produzir além da demanda, ou seja, gera uma oferta que não terá clientes para consumir o produto final ocasionando perdas (DENNIS, 2008. FICCHI, 2017. GHINATO, 2000. JOHNSTON; JONES; SLACK, 2018).

Dentre todos os tipos de desperdícios a superprodução é a mais danosa, pois é ela possibilita a ocorrência dos demais tipos de percas, além de ser a mais difícil de eliminar por possuir uma série de problemas escondidos (FICCHI, 2017. GHINATO, 2000). De acordo com Dennis (2008, p. 42), a produção em excesso pode provocar diversos custos, sendo estes:

- Construção e manutenção de grandes depósitos;
- Mais trabalhadores e máquinas;
- Mais peças e materiais;
- Mais energia, combustível e eletricidade;
- Mais empilhadeiras, reboques, paletes e bases metálicas para bastidores, dentre outros (DENNIS, 2008, p. 42).

Sem dúvidas a superprodução pode provocar um impacto danoso na saúde financeira de qualquer organização, devido acionar diversos serviços, equipamentos, máquinas e matéria prima para produzir algo que não trará retorno financeiro.

A produção em excesso pode ser classificada em dois tipos, perda por produzir demais (superprodução por quantidade) e perda por produzir antecipadamente (superprodução por quantidade) (GHINATO, 2000).

A perda por superprodução por quantidade é produzir além do necessário, ou seja, fabricar uma quantidade de peças/produtos que não haverá demanda quando prontos. A perda por superprodução por antecipação é fabricar em excesso peças/produtos para serem usadas posteriormente em processos seguintes (GHINATO, 2000).

#### **4.2 Superprocessamento**

Esse tipo de desperdício se trata da realização de processos onde a ausência destes não afetaria o desenvolvimento do produto/serviço, ou seja, sua existência é irrelevante para a produção da atividade-fim (DENNIS, 2008; FICCHI, 2017; GHINATO, 2000; JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

A ocorrência deste pode ser exemplificada com a realização de conferência de produtos feitas por pessoas, mas que já foi feito por uma máquina anteriormente, aquisição de bens de capital altamente precisos para realização de atividades simples, fascínio por uma nova tecnologia, dentre outras coisas, isso pode distancia a organização daquilo que o cliente realmente deseja (DENNIS, 2008; FICCHI, 2017; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

Esse tipo de perda pode ocorrer dentro de um processo específico quando um subprocesso/atividade encontra-se com o desempenho abaixo do padrão ideal. Tal problemática pode ocorrer devido falhas em equipamentos ou máquinas, por falta de manutenção, além de possíveis erros de colaboradores (GHINATO, 2000).

#### **4.3 Espera**

Este desperdício é caracterizado pelo tempo gasto no transcorrer de uma produção onde um ou mais processos não estão operando, ficam parados esperando as atividades voltarem ao normal. Essa espera pode ser por material, no processamento de uma máquina, excesso de produtos numa linha de produção, defeitos em máquinas ou equipamentos, entre outros desperdícios (DENNIS, 2008; FICCHI, 2017; GHINATO, 2000; JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

Para Krajewski, Malhotra e Ritzman (2017) as principais causas de desperdício por espera são “longos ciclos de produção, fluxos deficientes de materiais e processos não intimamente ligados entre si podem fazer com que mais de 90% do *lead time* de um produto seja gasto em espera”. O *lead time* (tempo de espera) consiste no tempo gasto entre o momento que o cliente realiza o pedido até a entrega deste. O desperdício com espera pode comprometer o compromisso firmado com o cliente do tempo de entrega, e isto pode acarretar em consequências negativas para a instituição com a perda de credibilidade perante o mercado (DENNIS, 2008).

A perda por espera pode ser classificada em três tipos, de acordo com Ghinato (2000), sendo esta perda por espera no processo, do lote e do operador. Cada uma gera um impacto no *lead time* comprometendo a eficácia e eficiência da instituição.

Perda por espera no processo: ocorre quando em um processo ou subprocesso há o aguardo de um lote para processamento devido toda à força de trabalho está em atividade e seu início só ocorrerá quando todos os fatores estiverem disponíveis (GHINATO, 2000).

Perda por espera do lote: em um processamento de um lote os fatores que compõem este ficam esperando todos passarem pelo processo para poder prosseguir para a próxima operação (GHINATO, 2000).

Perda por espera do operador: ociosidade devido o colaborador ter que esperar um uma peça/insumo para desempenhar suas funções ou um equipamento ou máquina. (GHINATO, 2000).

#### **4.4 Transporte**

O transporte segundo Ghinato (2000) pode consumir até 45% do tempo total da produção de um bem. Lhe dar com o transporte dentro de qualquer organização é uma tarefa complexa, pois pode existir transporte interno de matéria prima, peças, produtos, entre outros, além do externo que pode envolver os mesmos fatores. O deslocamento excessivo dos elementos citados produz um custo elevado que não agraga valor ao produto e ainda pode gerar danos nestes ocasionando produção de mais perda (FICCHI, 2017; KRAJEWSKI; MALHOTRA; RITZMAN, 2017).

O transporte é um processo que não agraga valor, pois deslocar os fatores de uma produção não gera nenhum benéfico a estes. Sendo assim qualquer tipo transporte pode ser tido como desperdício e esse deve ser evitado ao máximo. A busca pela eliminação ou redução do custo de transporte deve ser considerada como fator primordial no planejamento logístico. Um grande contribuí-te para problemas com transporte é a elaboração de um *layout* ruim, deste modo torna-se importante um bom arranjo físico com melhor distribuição possível de todos os fatores de produção (DENNIS, 2008; GHINATO, 2000; JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

#### **4.5 Movimento**

Os deslocamentos dos trabalhadores no interior de uma organização quando mal planejados ou até na sua ausência conduz a diversos problemas que acarretam na geração de desperdícios. A disposição dos equipamentos, máquinas, insumos, e demais fatores envolvidos em um processo estão diretamente ligados a essa perda, pois ao distribuir este distante leva os colaboradores a realizarem movimentos desnecessários. Os movimentos devem ser estudados para evitar circulação que não agraga valor, a distribuição dos elementos que compõem o processo deve ser feita de modo que possibilite ficarem próximos (DENNIS, 2008; FICCHI, 2017; GHINATO, 2000).

O movimento humano pode ocasionar desperdícios, e isso está ligado a ergonomia do local de trabalho. Esforços desnecessários do corpo na realização de tarefas como estica-se, curvar-se, erguer, caminhar, dentre outros, afetam a produtividade dos funcionários e ainda corroboram com problemas de segurança de trabalho (DENNIS, 2008; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017). Projetos ergonômicos mal elaborados é o maior contribuinte desta perda e o que sofre mais impacto é a segurança, de acordo com Dennis (2008), mas 50% das lesões na América do Norte são consequentes do mal posicionamento.

#### **4.6 Estoque**

O desperdício consequente do estoque possui diversas causas e estas produzem custos que toda organização deve buscar a sua eliminação. Esta perda pode ser causada por manutenção de equipamentos e máquinas que pode parar ou desacelerar processos, WIP (*work in progress*) excesso de trabalho subsequentes desnecessárias (DENNIS, 2008). Para Ficchi (2017) o desperdício com estoque mais evidente é com produto parado devido à falta de demanda. De acordo Krajewski, Malhotra e Ritzman (2017) outros tipos de desperdício produzem este em questão, sendo esta superprodução, espera e processamento desnecessário todos afetam diretamente a saúde financeira da instituição.

Os estoques devem ser evitados devido seu potencial para gerar desperdício e quando se faz necessário a ocorrência deste a falta de um bom planejamento é motivo para uma série de problemas. Vale destacar a ocupação a grande de espaço para armazenamento, dificulta a capacidade de comunicação, movimentação e transporte, retarda o processo de detecção de defeitos, dentre outros (KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

#### **4.7 Correção/Defeito**

A produção de bens em desacordo com as especificações técnicas de projeto acarreta no retorno ao ciclo de processamento para correção do defeito, dependendo do tipo de produto pode chegar uma perda total sem reaproveitamento. Toda organização busca produzir uma única vez um produto sem defeitos, pois para corrigir um problema gasta-se matéria prima, mão de obra, energia e tempo e isso agrupa um custo a mais na produção. A correção/defeito em uma linha de processo provoca a ocorrência de mais inspeção, manejo de detritos, dentre outros (DENNIS, 2008; FICHI, 2017; GHINATO, 2000; KRAJEWSKI, MALHOTRA e RITZMAN, 2017).

Esse tipo de desperdício se chegar ao cliente causa insatisfação, devido a sua necessidade não ter sido atendida, levando uma imagem de qualidade questionável. Para Johnston, Jone e Slack (2018) a correção/defeito recebe duas classificações, por pouca confiabilidade do equipamento e produtos ou serviços defeituosos, tendo como causa a variabilidade dos níveis de qualidade.

- ◆ Pouca confiabilidade do equipamento: consiste no uso de equipamentos podendo ser muitos antigos, de baixa qualidade ou peças comprometidas devido falta de manutenção (JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018).
- ◆ Produto ou serviço defeituosos: erros nossos processos que comprometem a qualidade do produto final e mão de obra desqualificada devido à falta de incentivo a qualificação (JOHNSTON, JONES e SLACK, 2018).

## 5. FÔRMAS DE ESTRUTURAS

As fôrmas são um elemento necessário construção civil quando a estrutura é de concreto armado executado *in loco*. A sua definição é dada por Assahi (2003, p.2), como:

Um molde provisório que serve para dar ao concreto fresco a geometria e textura desejada, e de cimbramento, todos os elementos que servem para sustentá-lo até que atinja resistência suficiente para auto suportar os esforços que lhe são submetidos (ASSAHI, 2003, p. 2).

O projeto de fôrmas constitui as orientações e as medidas geométricas a serem adotadas durante a execução, onde consta as mediadas tais como largura, comprimento e altura. Essas orientações são essenciais para que as fôrmas sejam executadas corretamente (SALGADO, 2014).

É comum fôrmas serem retangulares, pois assim facilita a sua fabricação e execução na obra. Já que basicamente a construção de um edifício é basicamente feito de forma manual, tendo o ser humano como principal componente, as principais seções podem ser observadas na figura 9 (CORREA, 2018).

**Figura 9:** As seções comuns dos pilares



Fonte: Correa, 2018.

Além servir de molde para dar forma aos elementos que compõe a estrutura de um edifício, as fôrmas de acordo com Assadi (2003, p. 2) desempenha as funções de:

- Proteção do concreto fresco na sua fase frágil, de cura, contra impactos, variações de temperatura e, principalmente, de limitar a perda de água por evaporação, fundamental para sua hidratação;
- Servir de suporte para o posicionamento de outros elementos estruturais como a armação ou cabos e acessórios de protensão, como também, elementos de outros subsistemas, de instalações elétricas e hidráulicas;
- Servir de suporte de trabalho para própria concretagem dos elementos estruturais (ASSADI, 2003, p. 2).

A fôrma é um dos muitos subsistemas que compõe o sistema de uma construção, ela desempenha uma função primordial dando o passo inicial, sendo uma das primeiras a serem executadas,

tornando-se a referência para as posteriores demarcando os padrões qualidade dos demais processos. A qualidade da execução das fôrmas influencia diretamente na qualidade, custo e prazo do empreendimento.

A fabricação e execução da fôrma realizada de modo a permitir um bom prumo, alinhamento e nivelamento garante qualidade aos demais fatores que dela dependem, pois ela é responsável pela geometria e posição dos elementos estruturais. Tais funções exercitadas de forma ineficientes ocasionam graves problemas que pode gerar patologias e dependendo da gravidade compromete o desempenho da estrutura (ASSADI, 2003).

Na construção de uma edificação a estrutura figura como a fase que mais consome tempo, sempre fazendo parte do caminho crítico do cronograma físico. A estrutura pode consumir aproximadamente 50% do tempo total da obra, e as fôrmas, sendo subprocesso da execução das estruturas, pode consumir até 60% deste, ou seja, 30% do prazo total do empreendimento (ASSADI, 2003).

O custo de total de uma edificação varia muito dependendo do porte e padrão, mas considerando um médio a estrutura pode chegar a 20% do total. Partindo deste a fôrmas pode consumir entre 25% e 40%, isso representa de 5% a 8% do custo total do empreendimento. Um bom projeto de fôrma associado a uma boa execução torna a obra mais eficiente e evita a ocorrência de problemas acarretando no encarecimento da construção (ASSADI, 2003).

## 5.1 Aspectos Normativos

As referências normativas relacionadas fôrmas para estruturas de concreto armado que apresenta os critérios de dimensionamento e execução são as seguintes:

ABNT NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

ABNT NBR 15696/2009 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos

ABNT NBR 14931/2004 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento

A ABNT NBR 6118/2014 estabelece que o projeto estrutural deve apresentar informações suficientes para a execução e constata que fôrmas não fazem parte do projeto estrutural. Ela frisa que deve ser apresentando dimensões mínimas que possibilite a definição das fôrmas.

Os requisitos que um projeto de fôrma deve apresentar encontrase na ABNT NBR 15696/2009, sendo:

- a) especificar os materiais utilizados;
- b) definir clara e exatamente o posicionamento de todos os elementos utilizados;
- c) mencionar os critérios adotados para o dimensionamento da fôrma, tais como a pressão do concreto, a velocidade de lançamento, altura de concretagem e de vibração, consistência do concreto, metodologia de lançamento etc.;

d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, de tal forma que não fiquem dúvidas para a correta execução da montagem.

Conhecendo os requisitos necessários no projeto a ABNT NBR 15696/2009 determina os requisitos que as fôrmas devem ter para serem utilizadas:

a) ter rigidez para assegurar o formato e as dimensões das peças da estrutura projetada, respeitando minimamente as tolerâncias indicadas em 9.2.4 da ABNT NBR 14931:2003;

b) ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda de pasta de cimento, admitindo-se como limite o surgimento do agregado miúdo da superfície do concreto.

Muitos outros critérios são estabelecidos visando evitar possíveis problemas, dentre estes os cuidados que devem ser tomados durante a sua execução, ficando estes fixados no item 6.3 cuidados na montagem de fôrmas e escoramentos, item 6.4 cuidados na concretagem e item 6.5 Cuidados na retirada de fôrmas e escoramentos.

Além dos requisitos fornecidos na ABNT NBR 15696/2009 e apresentados anteriormente os sistemas de fôrmas têm que seguir os da ABNT NBR 14931/2004 que as consideram como as fôrmas, o escoramento, o cimbramento e os andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos. Eles devem ser projetados e construídos considerando:

7.1 Requisitos básicos

- O sistema de fôrmas, que compreende as fôrmas, o escoramento, o cimbramento e os andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos, deve ser projetado e construído de modo a ter:

a) resistência às ações a que possa ser submetido durante o processo de construção, considerando:

➤ Ação de fatores ambientais;

➤ Carga da estrutura auxiliar;

➤ Carga das partes da estrutura permanente a serem suportadas pela estrutura auxiliar até que o concreto atinja as características estabelecidas pelo responsável pelo projeto estrutural para remoção do escoramento;

➤ Efeitos dinâmicos acidentais produzidos pelo lançamento e adensamento do concreto, em especial o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto nas fôrmas, respeitados os limites estabelecidos em 9.5 e 9.6;

➤ No caso de concreto protendido, resistência adequada à redistribuição de cargas originadas durante a protensão.

b) rigidez suficiente para assegurar que as tolerâncias especificadas para a estrutura em 9.2.4 e nas especificações do projeto (ver 5.2.1) sejam satisfeitas e a integridade dos elementos estruturais não seja afetada.

O item 9.2.4 da ABNT NBR 14931/2004 estabelece as tolerâncias das dimensões que as fôrmas devem atender que podem ser vistos nos quadros 2 e 3. O item 9.5 lida com o lançamento do concreto

nas fôrmas e o 9.6 com o adensamento. O quadro 2 apresenta as tolerâncias dimensionais para as seções transversais de elementos estruturais lineares e para a espessura de elementos estruturais de superfície

**Quadro 2:** Tolerâncias dimensionais para as seções transversais

Dimensão (a) cm	Tolerância (  t  ) mm
<b>a ≤ 60</b>	<b>± 5</b>
<b>60 &lt; a ≤ 120</b>	<b>± 7</b>
<b>120 &lt; a ≤ 250</b>	<b>± 10</b>
<b>a &gt; 250</b>	<b>± 0,4% da dimensão</b>

Fonte: ABNT NBR

14931/2004.

O quadro 3 apresenta as tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares.

**Quadro 3:** Tolerâncias dimensionais para o comprimento

Dimensão ( l ) m	Tolerância (  t  ) mm
<b>l ≤ 3</b>	<b>± 5</b>
<b>3 &lt; l ≤ 5</b>	<b>± 10</b>
<b>5 &lt; l ≤ 15</b>	<b>± 15</b>
<b>l &gt; 15</b>	<b>± 20</b>
NOTA A tolerância dimensional de elementos lineares justapostos deve ser considerada sobre a dimensão total.	

Fonte: ABNT NBR 14931/2004.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos neste estudo de caso a parti da implementação do método SLP associado ao *Lean Production* no processo de execução de fôrmas de vigas.

## CAPÍTULO 2 - OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho foi apresentar uma proposta de Implementação da metodologia SLP (*systematic layout planning*) associada ao *Lean Production* no processo da execução de fôrma de viga em uma obra na cidade de João Pessoa-PB. Os objetivos específicos do presente trabalho foram: (i) Desenvolver os *layouts* do processo da execução de fôrma de viga com base no SLP, (ii) Apontar possíveis ocorrência de desperdícios de acordo com os princípios *lean* e (iii) Levantar propostas de soluções se necessário.

Considerando os objetivos gerais desta pesquisa, ela se caracteriza como exploratório devido à flexibilidade do planejamento dos diversos aspectos envolvidos nos processos relativos à execução de fôrmas e o levantamento bibliográfico necessário para a compreensão do modelo aplicado no objeto de estudo (GIL, 2017; VERGARA, 2008).

## CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo tem como objeto uma obra de um edifício residencial multipavimentos localizado na cidade de João pessoa. Por questões éticas a localização e nome da construtora serão preservados. Para a realização desta pesquisa foi escolhido um dos vários processos existentes na construção de uma edificação, sendo este a execução de fôrmas das vigas.

O processo de execução de fôrmas envolve uma série de fatores: matéria prima que consiste em caibros e chapas de compensado que são processados e dão origem as fôrmas e dispositivos de fixação. Os equipamentos manuais e automáticos utilizados para fabricar, transporta e montar as fôrmas e pôr fim a mão de obra humana (carpinteiros e serventes) que manipula a matéria prima e os equipamentos no decorrer de todo o processo avaliado.

Esta pesquisa de acordo com Gil (2017) tem finalidade aplicada, pois busca extrair conhecimentos a parti da implementação do método SLP na elaboração de *layouts*, detalhando os posicionamentos e os fluxos de todos os fatores envolvidos no processo de execução de fôrmas de vigas. Associou-se o *lean production* ao SLP com o intuito de apontar os possíveis desperdícios que podem ocorrer em cada uma das atividades que compõe o processo e auxiliar no desenvolvimento de dispositivos no *layout* para combater os mesmos.

Para Roesch (2010, p.60) a pesquisa básica tem enfoque em “entender e explicar a natureza de um fenômeno, na pesquisa aplicada o propósito é entender como lidar com o problema” e assim buscar a melhor solução para este.

De acordo com Gil, (2017) a natureza abordada nessa pesquisa se caracteriza como qualitativa, pois foi avaliado um processo específico da construção de um edifício onde aplicou o método SLP associado ao *lean prodution*. E com estes fez-se uma análise da área necessária e da disponível, os fluxos e os possíveis desperdícios que poderiam ocorrer na relação entre todos os fatores que compõe o processo de execução das fôrmas das vigas.

De acordo com Oliveira (2008, p.5) a pesquisa qualitativa associada a um caso tende a se preocupar em “retratar a complexidade de uma situação particular, focalizando o problema em seu aspecto total.” Para uma situação em específico complexa a buscar por simplificar a compreensão do problema central e o que ele engloba apresentando seus efeitos e causas é a abordagem deste tipo de pesquisa.

A elaboração de um projeto de pesquisa requer métodos científicos para se chegar aos resultados, neste estudo utilizou-se das classificações de Gil (2018), em relação ao ambiente de pesquisa e à abordagem teórica.

Segundo Marconi e Lakatos (2019, p. 79) método pode ser definido como:

conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo de produzir conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista (MARCONI e LAKATOS, 2019, p. 79).

A produção de conhecimento requer uma sequência lógica de procedimentos metódicos para validá-los, existem vários tipos de métodos o uso depende do objeto que se analisa. A abordagem de um estudo pode ser feita como indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético, esses por sua vez delimitam até onde a investigação vai e transcreve de forma lógica os fenômenos da realidade (GIL, 2017; MARCONI e LAKATOS, 2019).

A investigação de um fenômeno qualquer deve seguir os métodos de procedimentos que mais se adéque a sua realidade. As ciências sociais usam de diversos métodos específicos para produção de conhecimento, sendo estes: histórico, comparativo, monográfico ou estudo de caso, estatístico, tipológico, funcionalista e estruturalista (GIL, 2017; MARCONI e LAKATOS, 2019).

A condução de um estudo não implica necessariamente o uso de um único procedimento metódico pode haver combinações de outros de modo a atender o objetivo de estudo, podendo ao mesmo tempo ser bibliográfico, estudo de caso, laboratorial, documental, dentre outros (VERGARA *apud* MACARAJA, 2015).

Este estudo tem caráter bibliográfico por buscar em obras já publicadas fundamentos para a condução deste através das consultas em livros, anais de congresso, teses, dissertações, periódicos nacionais e internacionais, seja por meio escrito ou eletrônico.

Devido ao fato de ter lhe dado com um processo específico de uma obra de edificação sustentar-se o uso de um estudo de caso, para Oliveira (2008, p.6) esse tipo de procedimento é pautado em “usa uma variedade de fontes para coleta de dados que são colhidos em vários momentos da pesquisa e em situações diversas, com diferentes tipos de sujeito”. Tal procedimento permite avaliar o processo de execução de formas de vigas como um todo e neste implementar o uso do SLP combinado ao *lean production*, a fim de elaborar *layouts* que possibilite um melhor rendimento de produtividade e evite a ocorrência possíveis desperdícios.

De acordo com Yin (2001) os estudos de casos são apropriados quanto nos questionamentos suscitam os termos “como” e “por que”, onde o pesquisador não possui controle total sobre as ocorrências dos fenômenos e estes estão entrelaçados a um contexto da realidade. O uso do procedimento metódico de estudo de caso justifica-se em Gil (2010) pois “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

A pesquisa tem como instrumento o método *systematic layout planning* (SLP) proposto por Muther na década de 50 e aperfeiçoado pelo próprio autor no decorrer dos anos. Consiste em um modelo de caráter empírico que por meio de uma sequência lógica analisa as relações dos fatores que compõe uma organização em um diagrama e, por fim, auxilia no processo de desenvolvimento de um

arranjo físico (*layout*). Estes fatores podem ser delimitados de acordo com o objeto de estudo, sendo este a execução de fôrmas de vigas.

Quanto a elaboração dos layouts além do SLP usou-se dos princípios do *lean production* no desenvolvimento de dispositivos visando melhorias no transcorrer do processo, além de buscar combater as possíveis ocorrências dos sete tipos de desperdícios propostos por Taiichi Ohno (1978).

Tendo em vista isto, este estudo de caso apenas analisou o processo de execução de fôrmas, desconsiderando outros processos como execução fôrmas de pilares e lajes, desforma ou algum outro tipo de processo que não esteja relacionado ao estudado. Vale salientar que os índices de produtividade e desperdícios da obra em questão não foram validados, e nem o arranjo físico atual com os seus respectivos fluxos. Apenas tomou como escopo as plantas baixas, de cortes e o projeto de fôrmas e com auxílio destes implementou o SLP associado ao *Lean Production*.

O processo da exceção de fôrmas consiste na relação sequencial de todos os fatores necessário para moldar as vigas do projeto estrutural de um edifício. Este processo em específico é composto por matéria prima, ferramentas, equipamentos e mão de obra humana, esses se relacionam seguindo uma sequência produtiva até chegar ao produto final, objeto deste estudo.

O processo de execução de fôrmas recebeu duas subdivisões visando uma melhor compreensão e interpretação do mesmo no decorrer da aplicação da pesquisa, sendo estas: atividades e subprocessos.

As atividades figuram como tarefas simples que não produzem uma sequência produtiva com várias relações entre equipamentos, ferramentas, matérias primas e mão de obra, estes são:

- Transporta tábuas, escoras, presilhas de ancoragem e gravatas;
- Alinhar viga com pilar;
- Movimentação de equipamentos e ferramentas;
- Checar processo;
- Alinhar fôrmas.

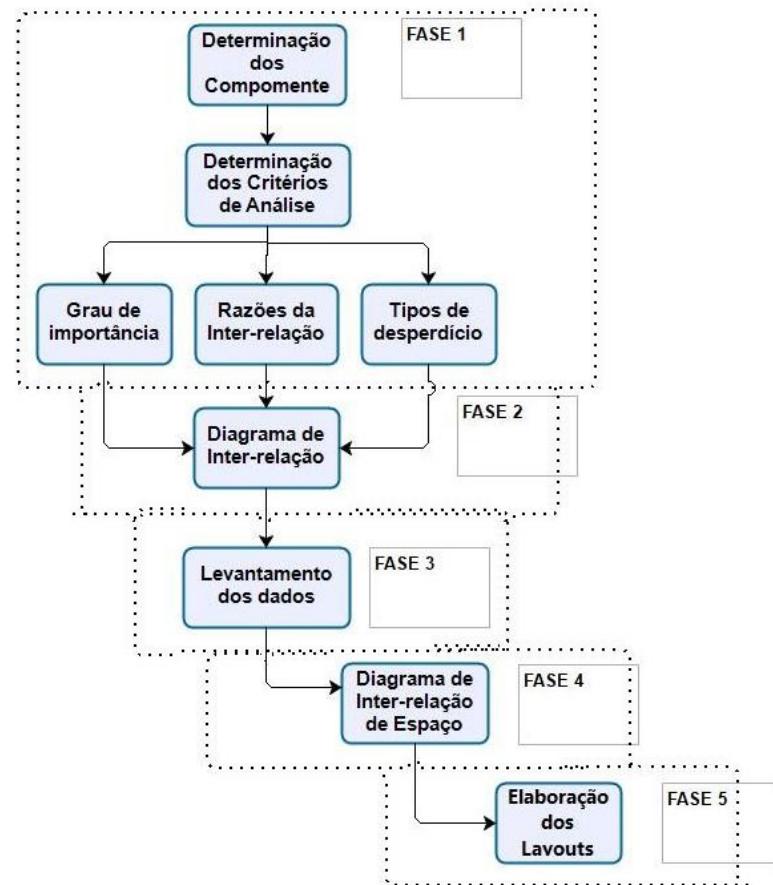
Os subprocessos compreende a junção de mais de uma atividade para desempenhar uma função do processo, sendo estas:

- Fabricar fôrmas;
- Ajustar peças;
- Passar desmoldante;
- Montar fôrmas.

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizado o *software Word* 2016, para produção textual, disposição e organização dos elementos produzidos no decorrer da pesquisa. O *software AutoCad* 2021 foi utilizado para elaborar os *layouts*, detalhando posicionamento de todos os elementos que compõe o processo estudado e os seus respectivos fluxos, além da elaboração dos dispositivos para auxiliar no combate dos possíveis desperdícios. O *software Bisagi Modeler* foi empregado na construção dos fluxogramas. O *SketchUp* 2020 foi utilizado na ilustração das figuras presentes no *layout*.

A figura 10 apresenta um resumo gráfico de todas as fases da pesquisa.

**Figura 10: Modelo Proposta de Pesquisa**



Fonte: Autor, 2020.

- **Fase 1: Determinação dos componentes do processo e critérios de análise**

Para a implementação do método SLP na execução das fôrmas das vigas inicialmente deve-se listar os dados de entrada que compõe o processo, listados na tabela 1. Com os dados apontados parte-se para a determinação dos critérios que serão considerados no preenchimento do diagrama de inter-relação. O grau de importância da proximidade que pode haver entre os componentes que compõe o processo é um dos critérios. Seguindo os graus de Muther e Hales (2015), podem ser observados no quadro 4, onde o diagrama de inter-relação preenchido por uma das letras maiúsculas (A, E, I, O, U e X), realiza-se o somatório de cada um dos graus que ocorreram.

**Quadro 4: Grau de importância de proximidade**

Grau	
A	Absolutamente Necessário
E	Especialmente Necessário
I	Importante
O	Pouco Importante
U	Desprezível
X	Indesejável

Fonte: Araújo adaptado de Muther, 2015.

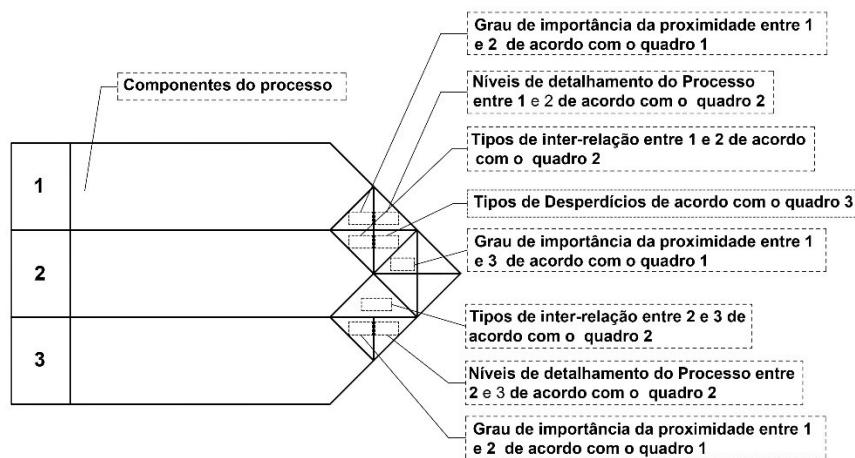
O segundo critério considerado no preenchimento do diagrama de inter-relação consiste nas razões que leva a inter-relação entre os componentes do processo. Sendo estes fluxos de matéria prima, fluxo de peças e acessórios, fluxo de equipamento e ferramentas, supervisão e controle, serviço de carpintaria e serviços auxiliares, o preenchimento do diagrama é feito por um mais das letras minúsculas (a, e, i, o, u, x) e posteriormente realiza-se o somatório da ocorrência de cada razão.

O terceiro e último critério é apontar as possíveis ocorrências dos setes tipos de desperdício proposto por Taiichi Ohno (1978) entre a inter-relação dos componentes do processo. Estes desperdícios são: superprodução, superprocessamento, transportem, movimentação, espera, estoque e defeito. Deve ser preenchido no diagrama com um ou mais dos números (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) que indica o tipo de desperdício. O desperdício é apontado depois de uma análise de como os componentes se relacionam, considerando as razões desta relação, e de acordo com o conceito de cada um dos sete tipos.

- **Fase 2: Preenchimento do diagrama de inter-relação**

A figura 11 ilustra o diagrama de inter-relação proposto por Muther (2015), onde a coluna retangular é dedicada a colocar os componentes do processo de execução das fôrmas de vigas. O losango subdividido em três e quatro triângulos é preenchido com os critérios apresentados nas fases 1.

**Figura 11:** Diagrama de Inter-relações



Fonte: Autor, 2020.

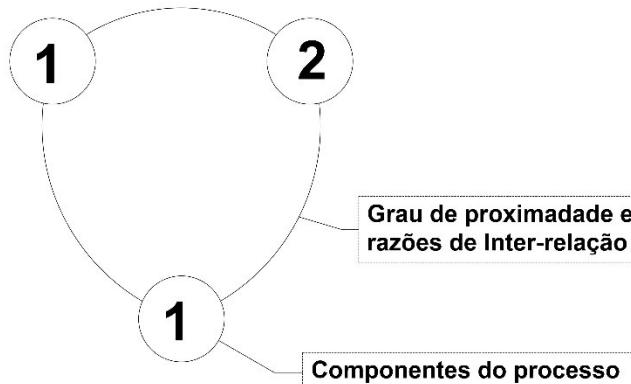
- **Fase 3: Resultado dos dados do diagrama de inter-relação**

Com o diagrama de inter-relação preenchido, de acordo com os critérios apresentados na fase 1, parte-se para o levantamento dos dados gerados, no preenchimento do diagrama, por meio de uma análise cruzada entre as razões e graus nas atividades e subprocessos para cada tipo de desperdício.

- **Fase 4: Elaboração do diagrama de inter-relação de espaço**

Com o diagrama de inter-relação preenchido e os resultados gerados analisa-se estes e ilustra o diagrama de inter-relação de espaços. Este apresenta o comportamento da relação entre os componentes de forma gráfica onde a posição destes depende do grau de importância da proximidade, ilustrado na figura 12 (HALES e MUTHER, 2015).

**Figura 12:** Diagrama de Inter-relação de espaço



Fonte: Autor, 2020.

- **Fase 5: Elaboração dos Layouts**

Com o diagrama de inter-relações de espaços pronto faz-se uma avaliação geral e busca detectar se há necessidades de mudanças e as limitações práticas do processo. Feito isto elabora-se um estudo dos layouts alternativos e avalia o melhor dentre este e elabora o layout selecionado como mais ideal. (HALES e MUTHER, 2015). O quadro 5 demonstra um resumo dos métodos adotados nesta pesquisa.

**Quadro 5:** Resumo dos principais materiais e métodos da pesquisa

Elementos de Pesquisa	Descrição	Fundamentação
Sujeitos Envolvidos	Engenheiro, mestre de obra Carpinteiros e Serventes	
Quanto à aplicabilidade	Pesquisa aplicada	Gil (2017) e Roesch (2010)
Abordagem do problema	Qualitativa	Gil (2017) e Oliveira (2008)
Quantos aos objetivos	Exploratória	Gil (2017) e Vergara (2008)
Métodos dos procedimentos	Pesquisa bibliográfica e Estudo de caso	Gil (2017), Marconi e Lakatos (2019), Maracajá (2015), Oliveira (2008), Vergara (2008), Yin (2001) e Muther e Hales (2015)
Unidade de Análise	Fórmulas de Vigas	
Instrumentos	SLP e <i>Lean Production</i>	

Fonte: Autor, 2020.

O tópico a seguir aborda os fundamentos utilizados nestes estudos, onde apresenta os conceitos dos principais temas que compõe esta pesquisa, de modo a permitir uma melhor compreensão do tema adotado.

## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este tópico em questão apresenta todos os resultados obtidos a partir da implementação do *Systematic Layout Planning* associado ao *Lean Production* no processo de execução de fôrmas de vigas. Eles serão expostos nos seguintes tópicos: estudo de caso, processo, sistematização do método e *layouts* propostos.

### 4.1 ESTUDO DE CASO

A obra, objeto desse estudo, consiste em uma edificação multipavimentos que está sendo construída em um terreno com dimensões 20X40 metros, na cidade de João Pessoa com área total construída aproximadamente 4.364 m<sup>2</sup>. A edificação é composta por um subsolo semienterrado, térreo, ambos dedicado as garagens, e mais nove pavimentos, sendo um pavimento tipo do primeiro ao terceiro andar e um segundo pavimento tipo do quarto ao oitavo andar mais um solário, observar figura 13.

A área do primeiro pavimento é dividida em dez apartamentos, dois com 25 m<sup>2</sup>, dois com 28 m<sup>2</sup>, três com 30 m<sup>2</sup>, dois com 40 m<sup>2</sup> e um com 47 m<sup>2</sup>, corredores, escada e elevadores, o segundo e terceiro possuem onze apartamentos acrescentando apenas um de 20 m<sup>2</sup> em relação ao primeiro pavimento. As áreas do segundo pavimento tipo que parte do quarto e termina no oitavo andar é dividido em nove apartamentos com as respectivas áreas: quatro com 25 m<sup>2</sup>, dois com 17 m<sup>2</sup>, um com 43 m<sup>2</sup>, um com 47 m<sup>2</sup> e um com 50 m<sup>2</sup>.

**Figura 13:** Corte longitudinal do edifício



Fonte: Construtora, 2019.

Todas as áreas dedicadas ao armazenamento e produção encontraram-se no subsolo semienterrado com cota de 1,5 m do nível da rua. Nesta área, será distribuído todos os elementos necessários para a construção do edifício. O tópico a seguir apresenta o processo escolhido para a realização deste estudo.

## 4.2 PROCESSO

A construção de edifício engloba uma série de fases compostas por diversos processos executivos. A determinação de qual fase ou processo depende dos objetivos que se deseja alcançar, na construção civil a aplicação do método SLP já foi realizada por Araújo (2015), Schio (2017) e Elias *et al* (1998) com intuito de desenvolver o layout geral do canteiro de obras por. O arranjo físico de um canteiro de obra costuma apenas detalhar a disposição geral dos componentes em solo, desconsiderando os detalhes no interior da edificação no decorrer da construção.

Tendo em vista a questão apontada anteriormente, este estudo propôs-se a analisar os elementos externos e internos, envolvidos na construção de uma edificação, e utilizar a metodologia SLP associada ao *Lean Production* para desenvolver os *layouts* detalhando os fluxos e disposição destes elementos. Entretanto, na busca de uma abordagem mais simples, com menos variáveis envolvidas estabeleceu a análise de apenas um processo em específico de uma fase.

O processo escolhido foi o da execução de fôrmas de vigas que engloba uma série de serviços e fluxos (matéria prima, peças, acessórios, equipamentos e ferramentas) internos e externos, a figura 14 ilustra um fluxograma detalhando todos o sistema do processo em questão.

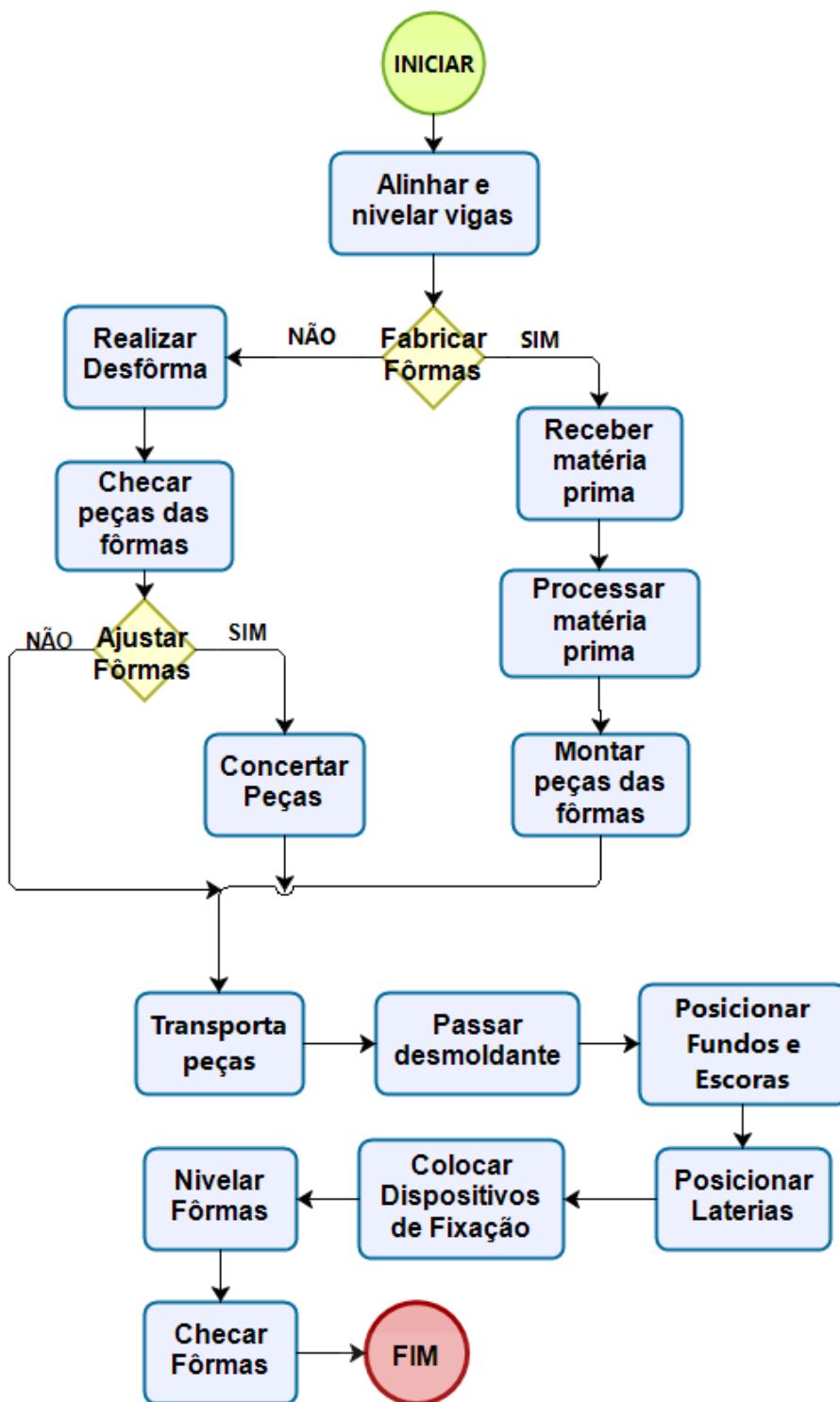
O fluxograma da Figura 14 ilustra uma sequência de atividades e subprocessos necessária para deixar o sistema de fôrmas pronto. Esse processo envolve uma série de componentes que se relacionam no decorrer do desempenho suas funções, estes são apontados no quadro 6 seguinte.

**Quadro 6:** Componentes do processo

Componentes	Complemento
Engenheiro e mestre de obra	
Carpinteiro	
Servente	
Ferramentas do carpinteiro	Martelo, lápis, formão, esquadro, prumo, trena, régua, chave de boca, alicate, etc.
Equipamentos automáticos	Furadeira, makita, lixadeira,
Matéria prima	Caibro e chapa de compensado
Bancada de Serra Circular	
Bancada de Montar peças	
Peças de fôrmas	Laterais e fundos
Desmoldante	
Escoras e Presilhas de Ancoragem	Acessórios
Transporte vertical	Mine grua e elevador

Fonte: Autor, 2020.

**Figura 14:** Detalhamento do processo da execução fôrmas de vigas



Fonte: Autor, 2020.

O tópico a seguir apresentará a implementação do SLP associado ao *Lean Production* no processo analisado nesta pesquisa, figura 15, e os seus respetivos resultados.

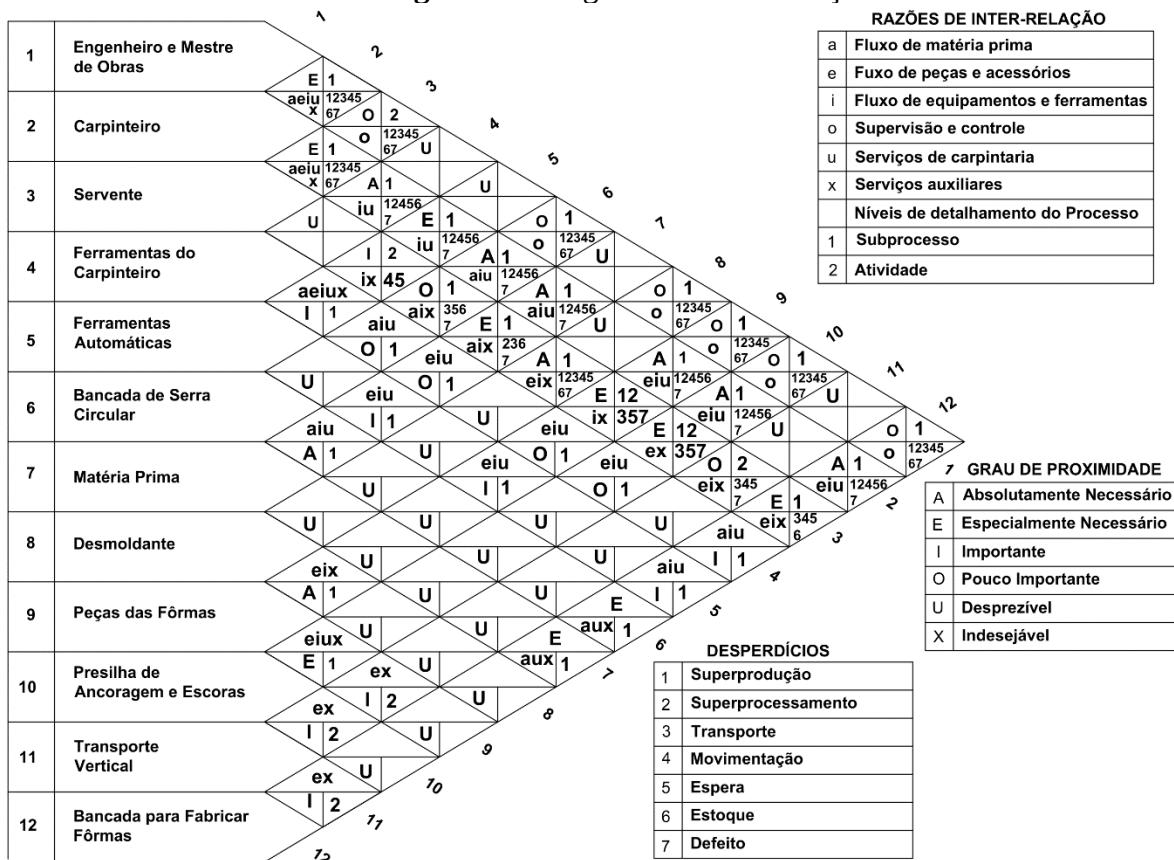
## 4.3 SISTEMATIZAÇÃO DO MÉTODO

### 4.3.1 Diagrama de Inter-relação

Com o processo determinado preencheu-se o diagrama de inter-relação proposto por Muther (2015), apresentado na figura 15, de acordo com a figura 2 analisando a relação entre os componentes do quadro 6, seguindo os critérios de análise presentes nos quadros da mesma figura.

O diagrama é composto por doze componentes que possibilidate a ocorrência de 66 inter-relações. Cada inter-relação é ilustrada no diagrama como um losango e este subdivide-se, nos três primeiros componentes, em quatro triângulos nos demais em três triângulos. Cada triângulo designa um critério de análise e é preenchido com um ou mais das letras ou números apresentados nos quadros da figura 15 a partir de uma análise prévia da inter-relação dos componentes.

**Figura 15:** Diagrama de Inter-relação



Fonte: Autor, 2020.

O preenchimento do digrama resultou em um levantamento de dados da quantidade de ocorrência dos critérios de análise usados neste estudo. O quadro 7 apresenta as quantidades de ocorrência de cada critério para cada inter-relação do digrama da figura 16.

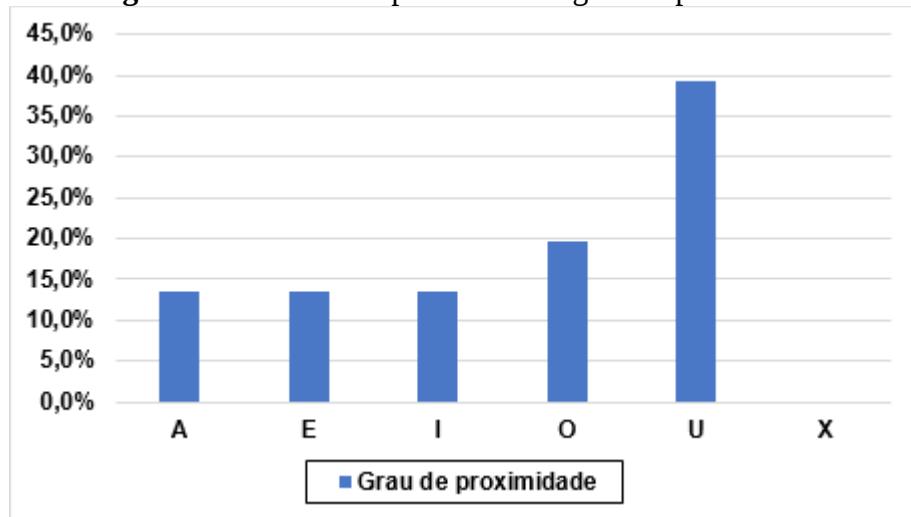
**Quadro 7:** Levantamento de dados do diagrama

	<b>Grau de proximidade</b>	<b>Qtd</b>
<b>A</b>	Absolutamente Necessário	9
<b>E</b>	Especialmente Necessário	9
<b>I</b>	Importante	9
<b>O</b>	Pouco Importante	13
<b>U</b>	Desprezível	26
<b>X</b>	Indesejável	0
	<b>Razões de Inter-relação</b>	<b>Qtd</b>
<b>a</b>	Fluxo de Matéria prima	11
<b>e</b>	Fluxo de peças e acessórios	19
<b>i</b>	Fluxo de ferramentas e equipamentos	27
<b>o</b>	Supervisão e controle	7
<b>u</b>	Serviços de Carpintaria	21
<b>x</b>	Serviços Auxiliares	16
	<b>Desperdícios</b>	<b>Qtd</b>
<b>1</b>	Superprodução	16
<b>2</b>	Superprocessamento	17
<b>3</b>	Transporte	14
<b>4</b>	Movimentação	19
<b>5</b>	Espera	22
<b>6</b>	Estoque	19
<b>7</b>	Defeito	21
	<b>Níveis de detalhamento</b>	<b>Qtd</b>
<b>1</b>	Subprocesso	34
<b>2</b>	Atividade	8

Fonte: Autor, 2020.

Os graus de possibilidades de ocorrência têm seu percentual de quantidade de vez que apareceu no diagrama apresentados no gráfico 1. Quase 40% das inter-relações são desprezíveis, ou seja, não tem uma importância relevante no ato de toma de decisões de construção do arranjo físico. Aproximadamente 14% são absolutamente necessárias, os componentes que têm este grau de proximidade são os principais dentro do processo e basicamente iram ditar as decisões no decorrer do desenvolvimento do projeto de *layouts*.

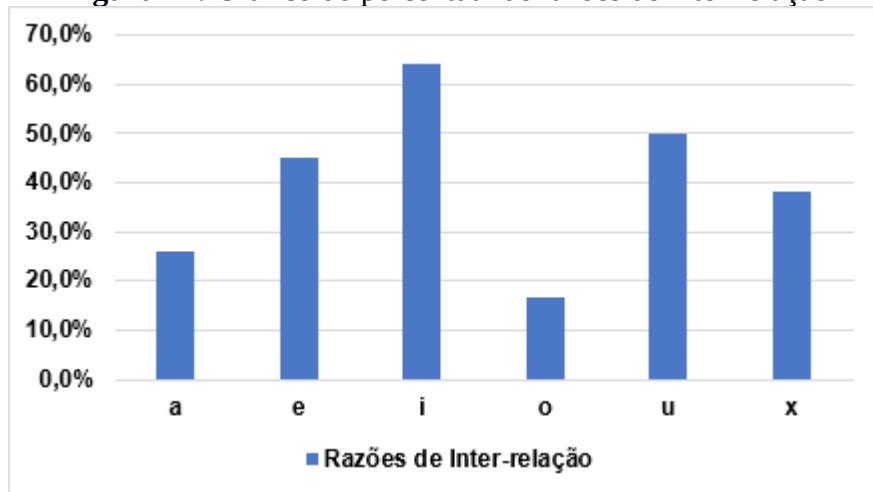
**Figura 16:** Gráfico do percentual do grau de proximidade



Fonte: Autor, 2020.

As razões que motivam as relações entre os componentes do processo são seis e estão listadas em um dos quadros da figura 16. Os percentuais apresentados na figura 17 considera a repetição de cada razão em relação a quantidade total de inter-relações consideráveis, neste caso 40. Deste observa que mais de 60% das razões consiste em fluxo de ferramentas e/ou, serviços auxiliares e de carpintaria equipamentos 50% e 45, fluxo de peças de fôrmas e acessórios aproximadamente 45%.

**Figura 17:** Gráfico do percentual de razões de inter-relação



Fonte: Autor, 2020.

Os tipos de desperdícios foram avaliados apenas nas inter-relação entre engenheiro e mestre de obra, carpinteiro e servente com os demais componentes do processo motivado pela ocorrência dos desperdícios serem consequências ações deles. O quadro 8 expõe os dados obtidos através de um cruzamento sucedido entre os tipos de desperdícios relacionados aos níveis de destelhamentos do processo, razões de inter-relação e grau de proximidade.

O levantamento aponta que espera e defeito são os desperdícios mais susceptíveis de ocorrem no processo analisado, ambos estão inseridos em sete dos nove componentes com grau de proximidade absolutamente necessário. Em seguida movimentação e espera com maior ocorrência, podendo

também ocorrer em sete dos nove graus de proximidade absolutamente necessário e, por fim, superprocessamento, superprodução e transporte.

**Quadro 8:** Levantamento de dados dos desperdícios em relação aos critérios

	<b>Desperdício</b>	<b>Atv</b>	<b>Rz</b>	<b>Gr</b>	<b>Sbp</b>	<b>Rz</b>	<b>Gr</b>
<b>1</b>	Superprodução	1	1o	1O	15	3a;5e;9i; 6o;8u;1x	5A;2E;6O
<b>2</b>	Superprocessamento	1	1o	1O	16	4a;4e;10i; 6o;8u;3x	7A;3E;6O
<b>3</b>	Transporte	4	1a;2e;3i; 1o;1u;3x	2E;1O	10	3e;3i;6o; 1u;1x	1A;3E;6O
<b>4</b>	Movimentação	3	1e;2i5; 1o;3x	1I;2O	16	3a;6e;11i; 6o;5x	7A;3E;6O
<b>5</b>	Espera	5	3e;3i;1o;	3E;1I; 1O	19	5a;7e;13i; 6o;6x	7A;5E;1I;6O
<b>6</b>	Estoque	1	1o	1O	18	5a;6e;12i; 7o;8u;7x	7A;4E;7O
<b>7</b>	Defeito	4	2e;2i;10;	3E;1O	20	5a;7e;5i; 6o;8u;8x	7A;6E;7O

#### Legenda

1. Atv: Atividade
2. Sbp: Subprocesso
3. Rz: Razão (1a, o número indica a quantidade e a vogal a razão)
4. Gr: Grau (2A, o número indica a quantidade e a vogal o grau)

Fonte: Autor, 2020.

O quadro 8 apresenta os resultados gerais produzidos pelo diagrama de inter-relação, figura 16, tomando como principal referência os sete tipos de desperdícios fazendo um cruzamento entre a ocorrência do referido em relação aos critérios de análise.

Ao analisar resultados apresentados no quadro 8 os respectivos desperdícios, defeito e espera são os mais susceptíveis a poderem ocorrer aparecendo em 25 das 30 inter-relações possíveis. Superprodução é o que menos ocorre, sendo 11 possibilidades listadas, os demais ocupam um intervalo entre 17 e 19 possibilidade de ocorrências. Nas atividades as razões e grau de proximidade tem menos variação em ralação aos subprocessos motivado pela sua quantidade de ocorrência que é menor no processo.

### 4.3.2 Diagrama de Inter-relações de Espaço

Os componentes do processo para desempenhar suas atribuições necessita de um espaço específico que permita exercer suas tarefas sem prejuízos devido falta ou pouco espaço. O quadro 9 lista as áreas necessárias para alguns dos componentes do processo de fôrmas de vigas realizarem suas funções sem deficiência.

**Quadro 9:** Área de ocupação necessária

<b>Descrição</b>	<b>Área Necessária (m<sup>2</sup>)</b>
Chapas de compensado	4
Caibros	2,5
Bancada de serra circular	4
Bancada de Montar peças	5
Lateral	1,63

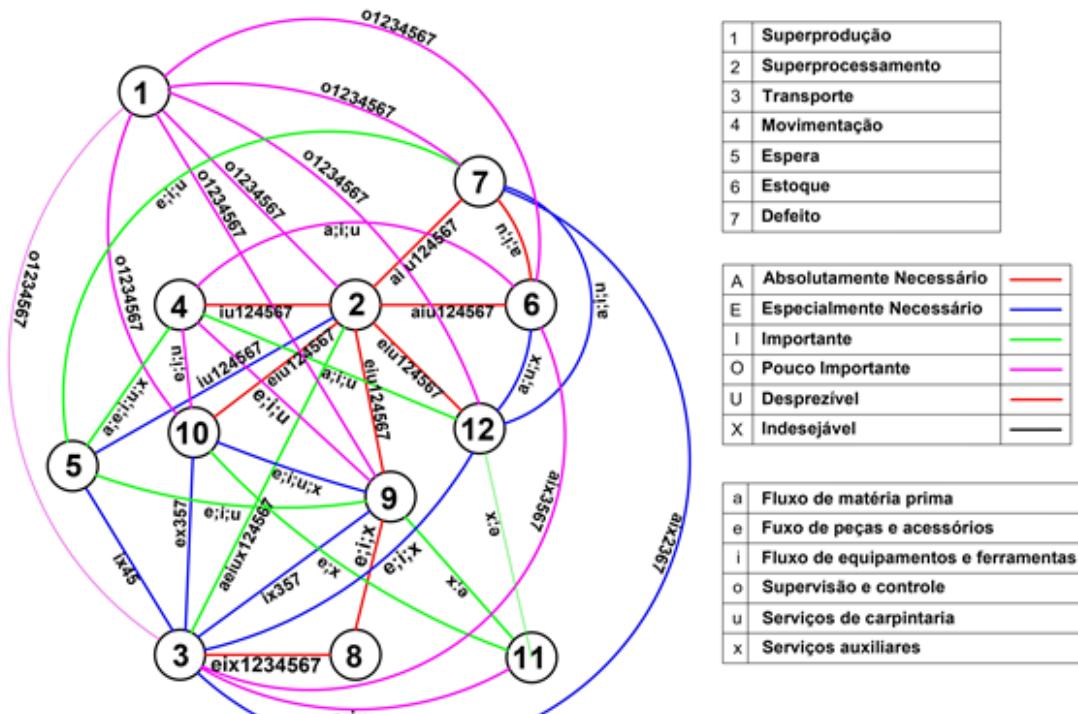
Fundo	0,75
Escoras	1,25
Presilhas	0,25
Mine Grua	1,5
Equipamento	0,5
Desmoldante	1,63

Fonte: Autor, 2020.

Para uma melhor compreensão das inter-relação dos espaços ocupados pelos componentes ilustra-se um diagrama de espaço que permite uma melhor compreensão do processo como todo, isso pode ser observado na figura 18.

Os círculos com os números correspondem aos componentes do processo, a linha estabelece uma relação, a cor indica o grau de proximidade e as letras e números as razões e os desperdícios. Ao se observar a figura 15 pode-se constatar que a interpretação do processo como um todo para a elaboração do projeto de *layouts* torna-se mais fácil com o diagrama de inter-relação de espaço, apresentado na figura 18. O objetivo do digrama dos espaços é justamente facilitar a compreensão das relações do processo de execução de fôrmas de vigas, estando apresentadas em uma ilustração visual.

**Figura 18:** Diagrama de Inter-relação dos espaços



Fonte: Autor, 2020.

Estas áreas são fundamentais para o planejamento do arranjo físico, pois é a partir de delas que se estuda a compatibilização com o espaço disponível. No item a seguir será apresentado a proposta desta pesquisa, que considerou todo conteúdo exposto até chegar ao arranjo físico final.

#### 4.3.3 LAYOUT PROPOSTO

Considerando os resultados obtidos a parti do uso do método *Systematic Layout Planning* associado ao *Lean Production* gerados pelo diagrama de inter-relação, reorganizados no digrama de inter-relação de espaço analisou-se o projeto do edifício, objeto deste estudo. Nele observou os fluxos, serviços, a suscetibilidade de ocorrência dos sete tipos de desperdícios e as limitações dos espaços necessários em relação o disponível e assim obteve-se a seguinte proposta de layout para o processo de execução de fôrmas de vigas, apresentado na figura 19.

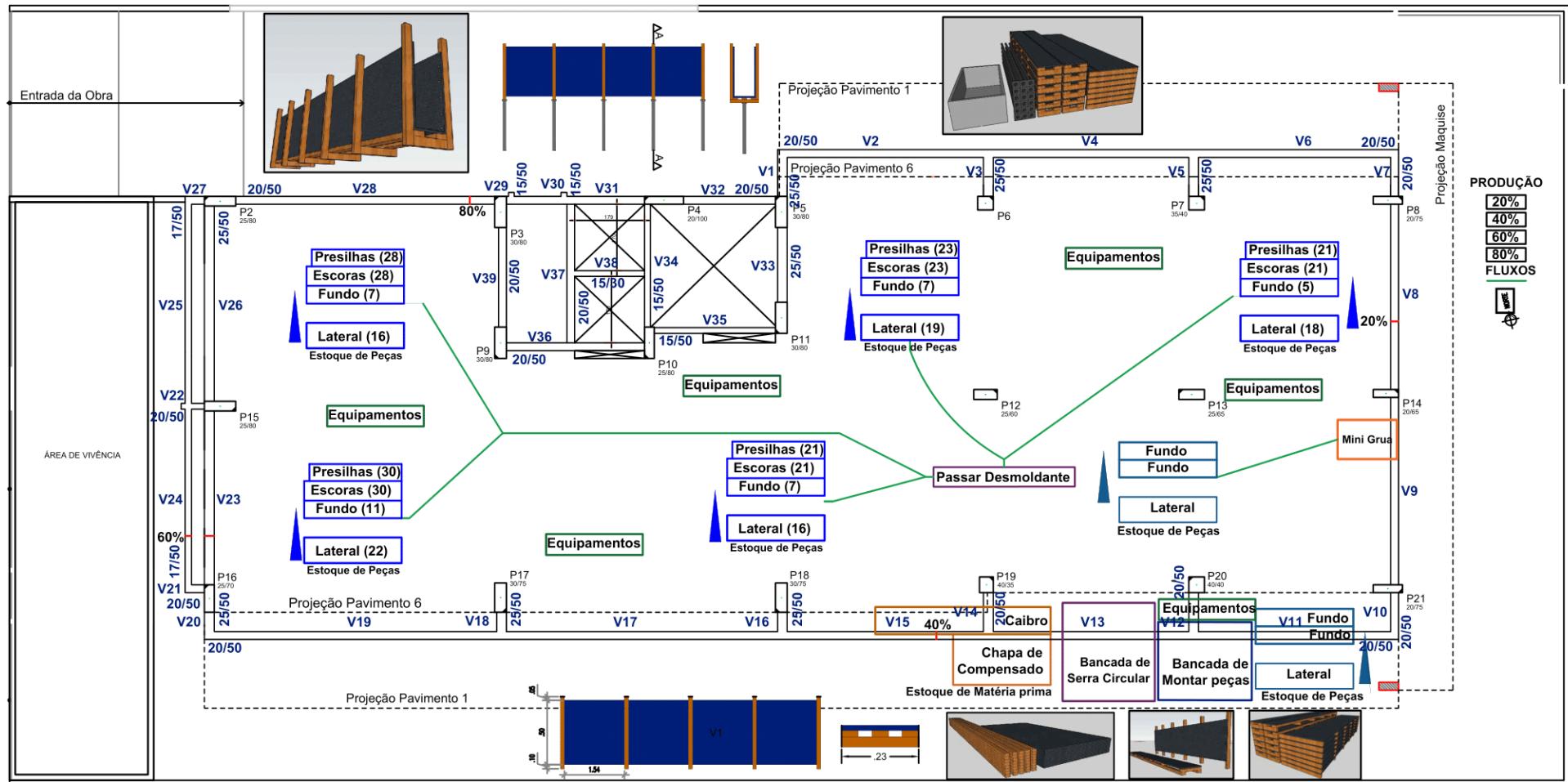
Diante de todos os dados apresentados pôde-se estabelecer uma série de considerações levadas em conta no desenvolvimento do *layout*, estas por sua vez são listadas no quadro 10 a seguir:

**Quadro 10:** Considerações levadas em conta no desenvolvimento do *layout* proposto

	<b>Considerações</b>
1	A área de vivência com os demais setores que não estejam relacionados ao processo de fôrmas de vigas, com central de armação, almoxarifado, deposito de tijolos, dentre outros, não foram considerados;
2	A área destinada a fabricação das peças das fôrmas deve conter todos os componentes necessários próximos para possibilitar um fluxo mais fluido, melhorar a supervisão e controle e evitar possíveis desperdícios, a sua disposição deve ser feita seguindo ordem lógica de acordo com a execução;
3	O posicionamento da banca de montar as peças das fôrmas deve estar localizado de modo a permitir o fácil acesso ao transporte vertical;
4	A área destinada a passar o desmoldante deve estar próxima do transporte vertical para evitar muita circulação dentro da edificação e facilitar o armazenamento;
5	Os equipamentos automáticos têm que possibilitar fácil acesso para evitar acesso de movimentação;
6	As peças e acessórios devem estar próximos do carpinteiro, bem organizadas e com acesso fácil;
7	As peças e os acessórios necessários para montar as fôrmas têm que ser distribuído no interior da edificação de forma organizada, não ocupando muito espaço e permitir a facilidade de transportar;
8	Detalhamento das fôrmas para facilitar a fabricação e montagem;
9	Mecanismos que indique a produtividade, ordem de execução e localização da produção;
10	Indicação das percussões dos fluxos dentro e fora da edificação;

Fonte: Autor, 2020.

**Figura 19:** Layout proposto para o processo de fôrmas de vigas



Fonte: Autor, 2020.

O método SLP auxiliou no desenvolvimento de propostas para solucionar alguns problemas notados no decorrer do preenchimento do diagrama de inter-relação. Designar as disposições dos locais com as respetivas áreas necessárias usando uma cor específica visando uma melhor assimilação. Estabelece uma ordem sequência de execução das vigas indicadas no *layout* proposto, por meio da letra “V” seguida de um número, tem como ponto de partida (V1).

Nas áreas dedicadas a armazenamento indicou separação de acordo com a largura e tipo de peça e/ou acessório com um triângulo ao lado representando a ordem do mais largo para o menor, além da quantidade de peças e acessórios que serão armazenadas. O fluxo da circulação de peças e acessórios é indicado por uma linha que interliga as áreas por onde deve ser transportado. Um detalhamento completo das peças das e formas montadas é vinculado para demonstrar o perfil desejado e assim buscar evitar erros.

A indicação da produtividade demarcada em quatro níveis percentuais do total linear em metros de fôrmas executado, representado por uma linha ao lado do percentual, indica o intervalo de produção atual do processo e o posicionamento em que se encontra a produção. Isso auxilia o engenheiro, mestre, e quaisquer outros que necessite de informação para assimilar o grau de produção em que se encontra e posição. Algumas imagens serão expostas demonstrando as disposições apropriadas dos componentes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo dos resultados apresentados pode-se dizer que foi de grande proveito a implementação da metodologia SLP associada ao *Lean Production* no processo de execução das fôrmas de vigas. Este estudo possibilitou uma boa compreensão como um todo do funcionamento do referido processo, pois possibilitou entender como se dar as relações entre todos os componentes que os formam e as razões que as ocasionam. Possibilitou uma análise aprofundada entorno da possível ocorrência dos sete tipos de desperdícios consequente das relações do processo.

Com o diagrama de inter-relação de espaço, foi possível observar como se comporta todos os componentes do processo no decorrer da execução do sistema de fôrmas e com isto constatou que existem relações que requer uma atenção maior quanto ao *layout*. Como o subprocesso que engloba a fabricação das peças da fôrma que compreende uma sequência produtiva que envolve matéria prima, ferramentas, equipamentos automáticos, serviços de carpintaria, auxiliares e de supervisão e controle até as peças ficarem prontas. Essa atenção engloba os demais subprocessos: passar o desmoldante e montar as fôrmas, todos requerem uma série de atividades com várias reações, onde a proximidade é fundamental.

Em meio às diversas inter-relações, motivadas por razões específicas estão os desperdícios que no transcorrer do processo poderão surgir consequentes de algum problema que causa perdas gerando prejuízos financeiros e até má reputação no mercado. O SLP possibilitou avaliar a suscetibilidade dos desperdícios em cada uma das relações do processo e assim dar a oportunidade de buscar desenvolver mecanismos para evitá-los.

A alocação dos componentes de produção do processo nos espaços disponíveis do canteiro de obra e no interior da edificação teve que contornar as limitações impostas pelo sistema da construção civil. Tais como o próprio projeto arquitetônico, com pilares no subsolo e dentro da edificação, desníveis entre rua e o piso, subsolo, bem como componentes pertencentes a outros processos, prescrições normativas de segurança, dentre outros.

A proposta foi realizada considerando apenas o processo de execução de fôrmas de vigas, levando em conta que a obra usada no estudo se encontra na fase de execução de estruturas. Deste modo, o *layout* proposto para ser usado nos demais processos de execução do sistema de fôrmas requer estudos, para buscar soluções viáveis que englobe o processo como um todo em um único arranjo físico.

A implementação do método SLP transpareceu viável quanto ao uso como ferramenta auxiliar no desenvolvimento de *layouts* dos processos existentes em uma construção civil, adaptável às suas especificidades. A possibilidade de criar vários critérios para realizar os estudos das inter-relações e associar-se a outros métodos, como o *Lean Production* nesta pesquisa, fortalece a sua recomendação como ferramenta de auxílio para tomada de decisão no pensamento de arranjos físicos.

A adoção da metodologia SLP como ferramenta de apoio a gestão, tendo enfoque o planejamento dos *layouts*, se apresenta como uma alternativa positiva na busca do aprimoramento do desempenho produtivo na construção civil. Onde auxiliará na elaboração de projetos de arranjos físicos mais eficientes e eficazes buscando as melhores alternativas possíveis, com embasamento técnico para estabelecer critérios de análise das inter-relações que possibilite uma boa compreensão dos processos. E assim realizar uma análise mais detalhada dos espaços necessários em paralelo com os disponíveis e estabelecer uma disposição apropriado dos elementos que compõem o processo.

O presente estudo apresenta limitações, considerando a forma como foi realizado, tendo como escopo apenas o projeto em planta de uma única obra onde não houve visitas e acompanhamento do funcionamento do processo em questão. O simples fato de haver visitas possibilita uma melhor compreensão do processo e ocasiona em uma nova pesquisa mais detalhada.

Outras pesquisas podem ser traçadas partindo desta, como realizar um estudo de caso em uma ou mais obras usando o processo de fôrmas completo ou até mesmo a fase de execução de estruturas com visitas a obra. Outra forma que permite uma melhor constatação da eficiência do método SLP é realizar um estudo detalhando o processo no qual deseja-se investigar, levantando os índices de produtividade, mapeando os desperdícios e medindo e posteriormente aplicar na obra a proposta e realizar os levantamentos comparando antes e após o uso do método.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Marcos A. S. **Estudo de um layout de um canteiro de obra da construção de uma edificação residencial multifamiliar com base no modelo Systematic Layout Planning.** Revista Especialize On-line IPOG, v. 1, n. 10, dez, 2015.

ASSAHI, Paulo N. **Sistema de Fôrma para estrutura de concreto.** Disponível em:  
[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736\\_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado\\_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20-%20SISTEMAS%20DE%20F%D4RMAS.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20-%20SISTEMAS%20DE%20F%D4RMAS.pdf). Acesso em: 02 de mai. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014. p. 14; 115.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BALLÉ, Michael. *et al.* **A estratégia lean: para criar vantagem competitiva, inovar e produzir com crescimento sustentável.** Porto Alegre: Brookman, 2019. P. 19-25.

BELMIRO, Tânia. **Bússola de gestão para construção civil.** Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

CAMPOS, Delma Novaes; LIMA, Renta Ferreira. **Aplicação dos fundamentos das 7 perdas do sistema Toyota de produção no setor de alimentação industrial.** Revista de Administração e Ciências Contábeis. v.7, n.1: p.11-61, 2014.

COREEA, Priscila M. **Estruturas em concreto armado.** Porto Alegre: SAGAH, 2018. p. 32-47.

CORRÊA, Carlos A. CORRÊA, Henrique L. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 398-417.

CRISTO, Isaac de. **Conhecendo obras: Ideal para quem pretende construir ou reformar.** São Paulo: ed. Do Autor, 2009.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2008. p. 25-42.

DOBLAS, Débora. **Arranjo físico e o planejamento estratégico.** Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/arranjo-fisico-e-o-planejamento-estrategico/4780481/?gt=>. Acesso em: 10 de Mar 2020.

ELIAS, Sérgio J Barbosa, et al. **Planejamento do layout de canteiros de obras: aplicação do slp (systematic layout planning).** ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 1998.

FICCHI, Flávio Augusto. **Entenda os “7 desperdício” que uma empresa pode ter.** Lean Institute Brasil. Disponível em: <https://www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-%E2%80%9C7-desperdicios-%E2%80%9D-que-uma-empresa-pode-ter.aspx>. Acesso em: 26 de Mar. 2020.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação.** 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

FRANCO, Paulo Lopes. **Sistema de produção enxuta: mapeamento do fluxo de e identificação de perdas.** Disponível em: <https://pt.slideshare.net/daniellopesfranco/lean-manufacturing-2>. Acesso em: 06 de Abr. 2020.

GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção,** In: Almeida & Souza (Org.). Produção e Competitividade: Aplicações & Inovações. Pernambuco: Editora UFPE, p. 31-59, 2000.

\_\_\_\_\_. GHINATO, P. Publicado como 2o. cap. do Livro Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas.** 5<sup>a</sup>. ed. –São Paulo: Atlas, 2010.

GOHR, Cláudia F.; LAITANO, Jean C. A.; SANTOS, Luciano C. **Planejamento sistemático de layout: adaptação e aplicação em operações de serviços.** Revista Gestão Industrial. v. 08, n. 01: p. 01-21, 2012.

JOHNSTON, Robert; JONES, Alistair Brandon; SLACK, Nigel. **Administração da produção.** 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018. p. 567-570.

JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel; WOMACK, James P. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts institute of technology sobre o futuro do automóvel.** 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

KOENIGSAECKER, George. **Liderando a transformação lean nas empresas.** Porto Alegre: Bookman, 2011. p. 58-63.

KRAJEWSKI, Lee J.; MALHOTRA, Manoj K.; RITZMAN, Larry P. **Administração de produção e operação.** 11 ed. São Paulo: Pearson Education, 2017. P.232.

LAUGENI, Fernando P; MARTINS, Petrônio G. **Administração da Produção.** 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Saraiva, 2005. p. 135-149.

LIKER, Jeffrey K. Meier D. P. *O modelo Toyota: Manual de aplicação.* Porto Alegre, Bookman, 2007.

\_\_\_\_\_. **O Talento Toyota aplicado no desenvolvimento de pessoas.** Porto Alegre, Bookman, 2008.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota de excelência em serviços: a transformação lean nas organizações de serviço.** Porto Alegre: Brookman, 2018. P. 18-23.

MALHOTRA, Manoj K.; KRAJEWESKI, Lee J.; RITZMAN, Larry p. **Administração da produção e operações.** 11 ed. São Paulo: Pearson Education, 2017. p. 196-199.

MARACAJA, Flávio. **ABC – Activitybased Costing e a gestão de projetos no gerenciamento dos custos de manutenção em transportes públicos de passageiros: um modelo estratégico a partir da cadeia de valor.** João Pessoa: UFPB, 2015. Disponível em:  
<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8168/2/arquivototal.pdf>. Acesso em: 12 de mai. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MARCONI, Marinade Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras.** 2 ed. São Paulo: PINE, 2010. p. 25.

MELO, Maury. **Gerenciamento de projetos para a construção civil – controle de qualidade.** 2 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2012.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Pioneira, 2012. p. 259.

MORO, Luiz F. C. **Analise do canteiro de obras visando o processo produtivo.** Disponível em: <https://docplayer.com.br/24477647-Analise-do-layout-de-canteiros-de-obras-visando-o-processo-produtivo.html>. Acesso em: 10 de Mar 2020.

MUTHER, R.; HALES, L. **Systematic Layout Planning: a total system of layout planning.** 4. ed. Marietta: MIRPBooks, 2015. 15 p.

MUTHER, Richard; WHEELER, John. **Planejamento Simplificado de Layout: Sistema SLP.** São Paulo: IMAM, 2000. p. 5-7.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre, Bookman. Edição norte-americana de 1988 e primeira edição japonesa de 1978.

OLIVEIRA, Cristiano L. **Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características.** Travessias: pesquisa em educação, cultura, linguagem e arte. v.7, n.1: p.5-, 2008.

PERRETTI, Osvaldo D. **O planejamento dos recursos e das instalações industriais.** São Paulo: SEANAI, 2014.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estagio e de pesquisa em Administração.** 3. ed. –São Paulo: Atlas, 2010.

SALGADO, Júlio C. P. **Estruturas na construção civil.** 1 ed. São Paulo: Érica, 2014. p. 132.

SAYER, Natália J.; WILLIAMS, Bruce. **Lean para Leigos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Atlas Book, 2016. p.1-16.

SCHIO, Nathane Laís. **Planejamento e proposta de arranjo físico aplicado à canteiros de obras com o uso do método slp.** Medianeira: UTFPR, 2017. Disponível em:  
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14814/1/planejamentopropostaarranjof%C3%ADsico.pdf>. Acesso em: 20 de mai. 2020.

SCHMENNER, R. W. **Service operations management.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995.

SILVA, José P. A. Rodrigues. **Os sete tipos de desperdícios.** Disponível em:  
<https://pt.slideshare.net/jparsilva/lean-manufacturing-2os-7-tipos-de-desperdicio>. Acesso em: 19 de mai. 2020.

TOMPKINS, J. A. et al. **Facilities planning.** 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 2010.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 9. ed. –São Paulo: Atlas, 2008.

WEIL, K. E. **Planejamento do layout, sistema SLP.** RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 19, n. 3, jul-set, 1979.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ISBN 978-655376017-2



9 786553 760172