

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**RHAY ALHER GOMES**

**ANÁLISE E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS *LEAN* NA PRODUTIVIDADE  
DE ARTEFATOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2018**

RHAY ALHER GOMES

**ANÁLISE E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS *LEAN* NA PRODUTIVIDADE  
DE ARTEFATOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Heloiza Piassa Benetti

PATO BRANCO  
2018

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ANÁLISE E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS *LEAN* NA PRODUTIVIDADE DE ARTEFATOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

RHAY ALHER GOMES

No dia 22 de junho de 2018, as 14h45min, na SALA DE TREINAMENTO da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº27-TCC/2018.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. HELOIZA PIASSA BENETTI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. LUIZ ANTONIO MIOTTI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI  
(DACOC/UTFPR-PB)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, e principalmente ao meus pais Hesia de Oliveira Alher e Ruy Novaes Gomes Junior, por sempre acreditarem em mim e me proporcionarem a experiência de cursar Engenharia Civil na UTFPR Campus Pato Branco – PR. São eles que me motivam a sempre continuar lutando pelos meus objetivos.

Agradeço aos meus amigos que compartilharam esse período de aprendizado não somente técnico, mas também pessoal, e que de alguma forma contribuíram para que essa etapa de vida fosse superada de forma ainda mais agradável.

Sou grato também a minha orientadora Heloíza Piassa Benetti por todo apoio, comprometimento e dedicação na realização deste trabalho, assim como os professores da banca avaliadora, Luiz Antonio Miotti e Elizangela Marcelo Siliprandi, e todos os outros professores envolvidos em minha formação acadêmica, pois foi através deles que obtive o aprendizado que hoje carrego para o resto de minha vida.

Portanto reitero, muito obrigado a todos envolvidos, não teria sido da forma como foi sem a participação de todos.

## RESUMO

GOMES, Rhay Alher. **Análise e aplicação das ferramentas *Lean* na produtividade de artefatos pré-fabricados de concreto.** 2018. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2018.

A pré-fabricação é considerada como uma inovação tecnológica no setor da Construção Civil e vem ganhando destaque no modelo de mercado atual, exigente com a qualidade e com prazos limitados. Sabendo-se deste cenário, o aprimoramento de técnicas construtivas e a inserção de novas tecnologias se torna essencial. O presente trabalho analisou o processo de produção de tubos de concreto e desenvolveu um Mapa de Fluxo de Valor atual afim de discretizar a produção e nos dar melhor visualização do processo global. Em seguida, foi realizada uma análise das etapas que geram quaisquer tipos de desperdícios para que na sequência pudesse sugerir melhorias com base nas ideias *Lean*. Essas sugestões foram aplicadas em um novo Mapa de Fluxo de Valor, denominado de futuro, com o intuito de evidenciar possíveis melhorias na produção e nos produtos.

PALAVRAS CHAVE: Pré-fabricação. *Lean*. Mapa de Fluxo de Valor.

## ABSTRACT

GOMES, Rhay Alher. **Analysis and application of Lean tools in the productivity of prefabricated concrete artifacts.** 2018. Work Completion of course (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2018.

Prefabrication is considered as a technological innovation in the Civil Construction sector and has been gaining prominence in the current market model, demanding with quality and with limited deadlines. Knowing this scenario, the improvement of constructive techniques and the insertion of new technologies becomes essential. The present work analyzed the concrete tube production process and developed a current Value Stream Map in order to discretize the production and give us better visualization of the overall process. Next, an analysis of the steps that generate any types of wastes was performed so that it could then suggest improvements based on Lean ideas. These suggestions were applied in a new Value Stream Map, called the future, in order to highlight possible improvements in production and products.

**KEYWORDS:** Prefabrication. Lean. Value Stream Map.

## LISTA DE TABELAS

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Tempos de Ciclo .....                           | 53 |
| Tabela 2 - Melhorias <i>Lean</i> .....                     | 64 |
| Tabela 3 - Tempos de ciclo previstos com as mudanças ..... | 67 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| TQM | Total Quality Management   |
| PIB | Produto Interno Bruto      |
| NBR | Norma Brasileira           |
| STP | Sistema Toyota de Produção |
| JIT | Just in Time               |
| MFV | Mapa de Fluxo de Valor     |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Percentual de trabalhadores com qualificação profissional por setor        | 12 |
| Figura 2: Estrutura do STP                                                           | 17 |
| Figura 3: Redução do estoque afim de evidenciar os problemas                         | 18 |
| Figura 4: Fluxo de produção tradicional e Fluxo unitário contínuo                    | 19 |
| Figura 5: Tipos de sinalizadores <i>Kanban</i>                                       | 20 |
| Figura 6: Categorias de dispositivos Poka-Yoke                                       | 22 |
| Figura 7: Eliminação de atividade que não agrega valor ao produto                    | 24 |
| Figura 8: Dois tempos de ciclo para uma mesma atividade                              | 26 |
| Figura 9: Uso de vergas pré-fabricadas para diminuir etapas na execução da alvenaria | 27 |
| Figura 10: Ilustração do MFV                                                         | 30 |
| Figura 11 - Localização de Piraju-SP                                                 | 33 |
| Figura 12 - Layout da empresa                                                        | 35 |
| Figura 13 - Baias de armazenamento dos agregados                                     | 36 |
| Figura 14 - Estoque de cimento empilhados sobre paletes                              | 37 |
| Figura 15 - Armazenamento das armaduras                                              | 38 |
| Figura 16 - Bocais de retirada dos agregados                                         | 39 |
| Figura 17 - Caçamba onde se despeja os componentes do concreto                       | 40 |
| Figura 18 - Esteira rolante conduzindo o concreto para a forma                       | 41 |
| Figura 19 - Formas responsáveis pela conformação dos tubos                           | 42 |
| Figura 20 - Anéis para vedação do fundo das formas                                   | 43 |
| Figura 21 - Lançamento do concreto no conjunto vibratório                            | 43 |
| Figura 22 - Içamento da forma interna                                                | 44 |
| Figura 23 - Desforma final                                                           | 45 |
| Figura 24 - Desforma do anel de sustentação da peça                                  | 46 |
| Figura 25 - Tubo sendo levantado pela empilhadeira para retirada do anel             | 46 |
| Figura 26 - Cura por meio de molhagem                                                | 47 |
| Figura 27 - Estocagem das peças                                                      | 48 |
| Figura 28 - Nivelamento e limpeza do terreno                                         | 49 |
| Figura 29 - Peça com suporte para transporte                                         | 50 |
| Figura 30 - Tipos de carga                                                           | 51 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 31 - Legenda do Mapa de Fluxo de Valor Atual .....                  | 54 |
| Figura 32 - Mapa de Fluxo de Valor Atual para produção de tubo de concreto | 55 |
| Figura 33 - Máquina de soldar armadura .....                               | 59 |
| Figura 34 - Central de Concreto .....                                      | 60 |
| Figura 35 - Concreto Auto Adensável .....                                  | 61 |
| Figura 36 - Pontes Rolantes.....                                           | 63 |
| Figura 37 - Mapa de Fluxo de Valor Futuro.....                             | 68 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                           |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                   | <b>10</b> |
| 1.1      | OBJETIVOS.....                                                                            | 11        |
| 1.1.1    | Objetivo geral .....                                                                      | 11        |
| 1.1.2    | Objetivos específicos.....                                                                | 11        |
| 1.2      | JUSTIFICATIVA.....                                                                        | 11        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                                        | <b>14</b> |
| 2.1      | A PRÉ-FABRICAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL                                   | 14        |
| 2.2      | SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP) .....                                                    | 15        |
| 2.2.1    | <i>Just in time</i> (JIT) .....                                                           | 17        |
| 2.2.2    | <i>Jidoka</i> – Automação .....                                                           | 20        |
| 2.3      | O <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....                                                          | 22        |
| 2.3.1    | Reduzir atividades que não agregam valor ao produto final.....                            | 23        |
| 2.3.2    | Considerar as necessidades do cliente para que se possa aumentar o valor do produto ..... | 24        |
| 2.3.3    | Redução da variabilidade .....                                                            | 25        |
| 2.3.4    | Reduzir o tempo de ciclo da produção .....                                                | 25        |
| 2.3.5    | Simplificar o processo através da redução do número de passos.....                        | 26        |
| 2.3.6    | Aumentar flexibilidade do produto .....                                                   | 27        |
| 2.3.7    | Aumentar a transparência do processo .....                                                | 27        |
| 2.3.8    | Focar o controle no processo global.....                                                  | 28        |
| 2.3.9    | Introduzir melhoria contínua no processo.....                                             | 28        |
| 2.3.10   | Manter um equilíbrio entre as melhorias nos fluxos e nas conversões                       | 29        |
| 2.3.11   | Referência de ponta ( <i>Benchmark</i> ).....                                             | 29        |
| 2.4      | MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV) .....                                                  | 29        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                                                                  | <b>32</b> |
| <b>4</b> | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>                                                               | <b>34</b> |
| 4.1      | DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....                                                                | 34        |
| 4.2      | FORNECIMENTO E ARMAZENAGEM DA MATÉRIA-PRIMA.....                                          | 36        |
| 4.3      | PROCESSO DE PRODUÇÃO.....                                                                 | 38        |
| 4.3.1    | Tubos Vibrados.....                                                                       | 39        |

|          |                                                          |           |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4      | ESTOCAGEM E CURA DAS PEÇAS PRONTAS.....                  | 45        |
| 4.5      | TRANSPORTE .....                                         | 49        |
| 4.6      | CONTROLE DA PRODUÇÃO .....                               | 51        |
| 4.7      | ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL.....                           | 52        |
| 4.7.1    | Mapa de Fluxo de Valor Atual .....                       | 52        |
| <b>5</b> | <b>SUGESTÕES DE MELHORIAS BASEADAS NOS PRINCÍPIOS DA</b> |           |
|          | <b>CONSUTRUÇÃO ENXUTA .....</b>                          | <b>58</b> |
| 5.1      | AUTOMAÇÃO E SIMPLIFICAÇÃO DE ALGUMAS ETAPAS .....        | 58        |
| 5.1.1    | Máquina de Soldar Armadura.....                          | 58        |
| 5.1.2    | Central de Concreto.....                                 | 59        |
| 5.1.3    | Concreto Auto Adensável .....                            | 61        |
| 5.1.4    | Mudança na Utilização das Fôrmas.....                    | 62        |
| 5.1.5    | Ponte Rolante.....                                       | 63        |
| 5.2      | RELAÇÃO DESSAS MELHORIAS COM A IDEIA DO <i>LEAN</i>      |           |
|          | <i>CONSTRUCTION</i> .....                                | 64        |
| 5.3      | MAPA DE FLUXO DE VALOR FUTURO.....                       | 67        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>                                   | <b>70</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                  | <b>72</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Em meados da década de 80, empresas do setor da construção civil abriram os olhos quanto ao desenvolvimento de sistemas de gestão da qualidade, seja para ter um maior nível de controle diante de seus processos produtivos ou com objetivo final de obter a certificações de qualidade (FORMOSO, 2002).

Por mais que a aplicação dos princípios e ferramentas da Gestão de Qualidade Total (Total Quality Management – TQM) tenha trazido benefícios importantes para o setor, o fato desta filosofia ser mais voltada ao processo seriado fez com que algumas das necessidades relacionadas à eficiência e eficácia no processo construtivo, ficassem defasadas (FORMOSO, 2002).

Após as tentativas de implantação do sistema, vem se criando um novo referencial teórico para a gestão de processos na construção civil. Este tem sido denominado de *Lean Construction* por estar fortemente atrelado à filosofia do *Lean Thinking*.

Koskela (1992) entende que a produção, basicamente, pode ser definida como um fluxo de atividades que se inicia com a entrada da matéria prima e passa por uma série de atividades até que se chegue ao produto final, atividades como transporte, espera pelo término de outras atividades e inspeção dos processos, são algumas das atividades relacionadas. Sabendo que todas essas atividades geram custos e consomem tempo, e nem todas elas agregam ao valor final, essas são chamadas desperdício e devem ser evitadas.

A filosofia *Lean* tem como objetivo melhorar a qualidade do produto com a contribuição de perspectivas de produção enxuta de seus funcionários, diminuindo os desperdícios e melhorando a eficiência produtiva (MAGEE, 2008).

Percebida essa necessidade no setor, de aplicar menos e produzir mais, o presente trabalho terá a função de destacar as principais etapas do processo produtivo de artefatos pré-fabricado de concreto onde ocorrem os maiores desvios do pensamento enxuto e sugerir formas de atenuar esses problemas que estão presentes em toda linha de produção.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Utilizar ferramentas do *Lean Construction* no setor de pré-fabricados com a intenção de identificar os desperdícios, destacar parcelas de atividades que não agregam ao valor final do produto e averiguar formas de aumentar a padronização das peças.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Conhecer as ferramentas do *Lean Construction*;
- Verificar em quais processos se encontram os maiores desperdícios na indústria de pré-fabricados;
- Levantar alternativas, com base nas ferramentas *Lean*, para reduzir desperdícios.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A construção civil é uma atividade de grande importância, responsável por 8% do PIB do Brasil, o setor gera em torno de 6% dos empregos e está em ascensão em todo o país (NERI, 2010).

Segundo o mesmo autor, as indústrias, em geral, tendem a racionalizar o processo produtivo, a fim de reduzir custos e aumentar a produtividade. Porém, o ramo da construção civil, que fabrica ou utiliza elementos em concreto (armado ou protendido), se mostra rudimentar neste aspecto. Ao contrário de uma indústria automobilística, por exemplo, a construção civil tem como produto final uma variedade significativa de edificações, o que resulta em certa dificuldade de se padronizar o processo produtivo. Entretanto, esta não é uma tarefa impossível, mesmo que em um ritmo inferior a outras áreas, especialistas em construção civil têm buscado formas de industrializá-la, sendo a utilização de elementos de concreto pré-moldado um exemplo disso.

O setor da construção civil apresenta inúmeras variáveis que podem afetar de maneira significativa o desenvolvimento das etapas que compõem um determinado processo produtivo a fim de conceber um produto final. Essas variáveis não envolvem somente os aspectos ambientais como chuvas, nevoeiros e ventos excessivos, envolve também, a forma que os produtos são confeccionados, o aproveitamento do tempo disponível para a execução dos sub-processos, a redução de resíduos de forma a aproveitar toda a matéria prima, o transporte dos materiais feito de maneira inapropriada, a espera pela entrega desses materiais, retrabalhos e outros. (EL DEBS, 2000).

Em uma indústria de pré-fabricados, essas variáveis não são diferentes, porém elas podem ser atenuadas de forma que a fabricação de peças de concreto armado se torne um processo semelhante ao seriado, com o mínimo de dispersões e ações que não agregam valor final ao artefato confeccionado.

Alguns profissionais da área compactuam com essas ideias, porém, segundo um estudo publicado por Neri (2010), o setor da construção civil é o antepenúltimo setor, como mostra a Figura 1, quando se trata de percentual de trabalhadores com algum tipo de qualificação profissional. Portanto, implantar essas ações de organização, em uma equipe onde se encontra um cenário semelhante ao do estudo, se torna uma tarefa difícil.

| <b>Setor de Atividade</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|---------------------------|------------------------|
| 1 Automobilística         | 35.35                  |
| 2 Finanças                | 28.26                  |
| 3 Papel e Celulose        | 28.11                  |
| 4 Indústrias em geral     | 27.72                  |
| 5 Petroquímico            | 25.69                  |
| 6 Indústria Têxtil        | 25.37                  |
| 7 Serviços Públicos       | 25.19                  |
| 8 Educação                | 24.55                  |
| 9 Petróleo e Gás          | 24.30                  |
| 10 Comércio e Serviços    | 22.56                  |
| 11 Alimentos e Bebidas    | 22.29                  |
| 12 Transportes            | 20.53                  |
| 13 Mineração              | 16.34                  |
| 14 Construção Civil       | 15.29                  |
| 15 Outras                 | 11.66                  |
| 16 Agronegócio            | 6.31                   |

**Figura 1: Percentual de trabalhadores com qualificação profissional por setor**  
**Fonte: Neri (2010).**

Para ajudar a implantação de sistemas construtivos mais eficientes e organizados, existem ferramentas que fazem parte de um modelo de construção, o *Lean Construction* ou Construção Enxuta.

Essas ferramentas tem a função de organizar, padronizar, implantar pequenas ações que aperfeiçoem o tempo de ciclo e/ou agregue valor ao produto final. Separar um processo em sub-processos pode ser muito vantajoso, uma vez que, a gestão desses sub-processos se torna mais fácil de ser acompanhada, a aprendizagem dos operários tende a aumentar, separa concentrações de trabalhadores, diminuindo assim as atividades não relacionadas a produção, entre outras vantagens de administração do processo como um todo. A separação destas etapas faz com que a concentração do indivíduo se direcione apenas para determinadas etapas do processo e não 'um pouco de tudo' como geralmente acontece (HIROTA, 2000).

Outra ferramenta importante é a exclusão de etapas que não agregam valor final ao produto, aumentando assim o tempo disponível dos trabalhadores para que façam apenas as atividades essenciais (FORMOSO, 2002).

Este trabalho visa destacar os sub-processos, dentro da concepção de um produto final, onde ocorrem os maiores desvios da filosofia de trabalho do *Lean Construction*. Para isso, será verificado as etapas de produção onde ocorrem os tais pontos falhos, ou desvios, dentro de uma linha de produção de artefatos pré-fabricados na cidade de Pato Branco – PR, levantando sugestões dentro dessas etapas, que possam agregar valor ao produto final concebido.

Por mais que o sistema de construção a partir de peças pré-fabricadas já seja uma forma de otimizar o processo construtivo, é possível melhorar com a adesão de ideias de trabalho relacionadas ao *Lean Construction*.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A PRÉ-FABRICAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A pré-fabricação é o fato de um processo da construção, ou elementos dela, serem confeccionados fora do seu local de utilização definitivo. De forma simplificada, a pré-moldagem executada em grande escala resulta na pré-fabricação, uma das formas de buscar a industrialização do setor da construção civil (EL DEBS, 2000).

Faz-se distinção entre elementos pré-fabricados e elementos pré-moldados. Segundo a NBR 9062/1985, os pré-moldados são elementos produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade, podem ser inspecionados pelo próprio construtor da obra e dispensam a existência de instalações sofisticadas para produção. Já os elementos pré-fabricados, são confeccionados em maior escala e com um maior controle de qualidade, devem ainda, serem confeccionados em instalações permanentes onde a inspeção é feita a cada etapa da fabricação da peça.

A pré-fabricação, além de trazer vantagens como as da pré-moldagem, relacionadas a execução dos processos e a grande redução do cimbramento, conta ainda com a reutilização de fôrmas em grande escala, com o emprego de protensão, com uma maior produtividade e com um maior controle de qualidade da obra. (EL DEBS, 2000).

Os primeiros registros relacionados à utilização de peças pré-fabricadas podem ser encontrados no começo do século 18, como consequência da Revolução Industrial que ocorria. Após a Primeira Guerra Mundial, a Europa vivenciou um grande aumento da industrialização decorrente das destruições advindas da Guerra, o que agravou a demanda por habitação e a necessidade de construções simples e de baixo custo. A pré-fabricação foi, e ainda é, uma maneira de introduzir novas tecnologias e desenvolvimento na prática de construir que resultam em certificações de qualidades relacionadas a construção (FERNÁNDEZ, 2016).

No Brasil, a pré-fabricação ganha maior visibilidade efetiva no início de 1980, quando foi aplicada a construção de empresas multinacionais que já

adotavam o sistema, fora do país, e sabiam das suas vantagens. No começo da década de 1990, devido necessidade de grandes redes de hipermercados construírem seus estabelecimentos de forma rápida, a utilização do método então era consolidada no país, porém, o sistema passou a ser associado a obras de pouca liberdade. Essa ideia veio a ser confrontada no fim da mesma década quando houve a introdução de novas concepções arquitetônicas e maior aproveitamento estrutural. Atualmente, a aplicação do método é muito disseminada e inserida em todos os tipos de construções (FERNÁNDEZ, 2016).

Hoje, o uso de concreto pré-moldado em edificações está relacionado com a forma econômica de construir, com a durabilidade fornecida e com a segurança estrutural, sendo assim, a indústria de pré-fabricados vem ganhando visibilidade pelo fato de atender as demandas da sociedade como economia, eficiência, desempenho técnico, segurança e condições favoráveis de trabalho (ACKER, 2002).

A construção civil, vista sob um olhar econômico, sempre será considerada como uma atividade industrial. Toda atividade industrial é de se esperar que ocorra uma evolução e este setor não poderia ser diferente. Desse modo, o fato de industrializar é sinônimo de evolução para a construção civil e, o processo de industrialização está atrelado com o desenvolvimento dos métodos, processos e sistemas construtivos (SABBATINI, 1989).

Partindo do pressuposto de que a industrialização do setor se dá através de ações organizacionais que objetivem aumentar a escala de produção, a pré-fabricação, embora faça parte do processo, não é um elemento chave para se alcançar o objetivo de produção enxuta dentro de uma empresa (SABBATINI, 1989).

## 2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

Após o fim da segunda guerra mundial, em 1945, a família japonesa Toyoda tinha o plano de criar a Toyota, e se tornar uma grande montadora de veículos. No entanto, dizia-se na época que a mão de obra japonesa era dez vezes menos produtiva que a mão de obra americana, a qual servia a maior montadora da época, a Ford. Feito essa constatação, a única explicação tangível

para o fato, era de que havia muitas perdas no sistema de produção japonês (GHINATO, 2000).

A Toyota Motors tentou reproduzir a organização e os resultados da linha de produção da Ford, porém não obtiveram bons resultados. A partir daí, o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, que fizera uma visita à fábrica da Ford, percebeu que o sistema de produção deles precisava de algumas alterações, como diminuir a subutilização dos trabalhadores, eliminar tarefas repetitivas que não agregavam valor ao produto final, não negligenciar a qualidade ao longo das etapas de produção e acabar com os estoques intermediários (GHINATO, 2000).

Cria-se, então, o Sistema Toyota de Produção (STP) que tem como característica principal a eliminação de toda e qualquer perda. Baseado na priorização de melhorias ao longo do processo via eliminação contínua de perdas, o 'princípio do não custo' é o principal fator para que se possa diminuir o preço mantendo a margem de lucro. A identificação dessas perdas é feita a partir de um estudo detalhado da estrutura de produção (MÜLLER, 1996).

Dentro das diversas perdas presentes nas etapas intermediárias da concepção de um produto final, a perda por superprodução é a mais encontrada dentro das empresas. De acordo com Shingo (1996), existem dois tipos de perdas por superprodução, a quantitativa e a antecipada. A maioria dos gestores de produção se preocupam apenas com a quantitativa, que nada mais é do que a produção de mais itens do que o necessário para entrega. A superprodução antecipada, tratada como normal pelos mesmos, é o fato de finalizar um inventário antes da data de entrega, a necessidade de acomodação e administração desse estoque, gera custos que não agregam valor final aos produtos, no STP esse tipo de atividade não é admissível.

Segundo Ghinato (2000), para atingir seus objetivos, o STP é estruturado em dois princípios de gestão organizacional sendo eles o *Just in Time* (JIT) e o Jidoka, conhecido também por autonomação (automação com um toque humano), como mostra a Figura 2.

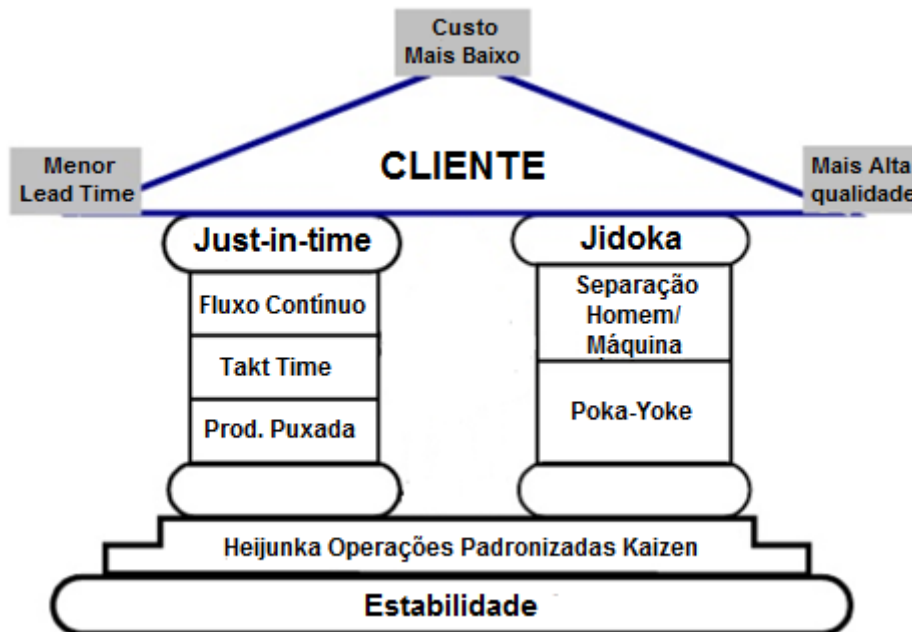


Figura 2: Estrutura do STP  
Fonte: GHINATO (2000).

### 2.2.1 *Just in time* (JIT)

*Just in time* significa 'no momento certo', isso quer dizer que as etapas de um processo serão alimentadas no tempo certo, no lugar certo e na quantidade certa. Com isso a empresa pode conseguir o que se chama de inventário zero, ou estoque zero (VERAS, 1996).

O JIT tem o objetivo de organizar o fluxo de um processo, para que este opere de forma mais rápida e flexível as variáveis do mercado associado, com a priorização da qualidade do produto final e com a redução máxima dos custos relacionados às perdas, estocagem e espera. Segundo Antunes Júnior & Kliemann Neto (1993) apud Muller (1996), se trata de uma estratégia onde a redução da quantidade de produtos em processos, a redução de matérias-primas e a diminuição de produtos acabados em estoque são primordiais.

Com a redução dos estoques, os problemas relacionados à produção ficam mais visíveis e podem ser eliminados com um ataque priorizado. Essa situação é análoga a um rio com pedras no fundo e um barco se locomovendo nele, como mostra a Figura 3. O barco representa o fluxo de produção, a água que cobre as pedras é o alto investimento em estoques e as pedras são os problemas. Devido à grande quantidade de água, o barco pode circular

tranquilamente sem que as pedras o traga problemas, porém se diminuir a quantidade de água as pedras ficarão aparentes e dificultará a locomoção do barco, assim as pedras terão que ser retiradas para que o barco consiga trafegar de forma mais eficaz. Logo, quanto menos água tiver no rio mais as pedras ficarão aparentes e terão de ser removidas, até que se possa ter o mínimo de água, sem pedras que impossibilite a circulação do barco (CORRÊA, 1995).

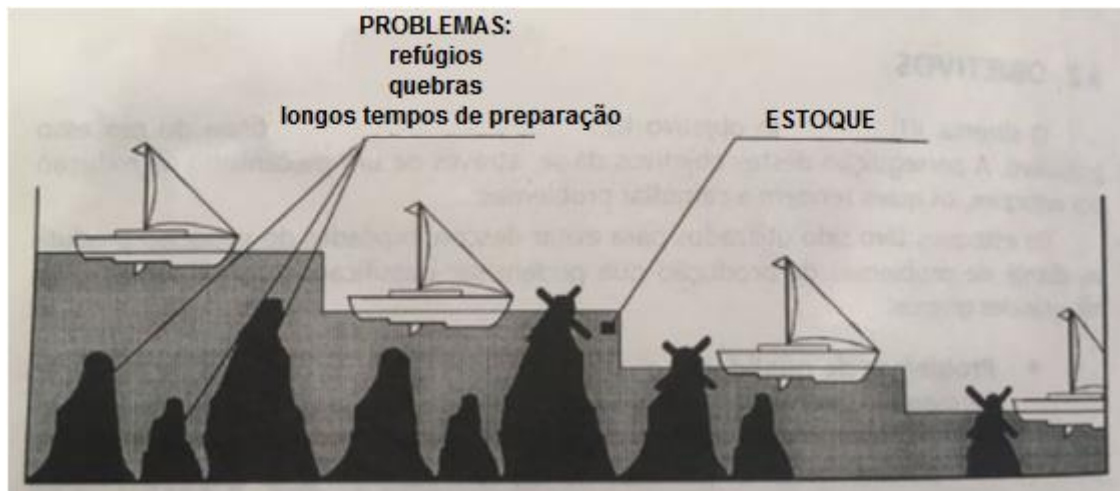
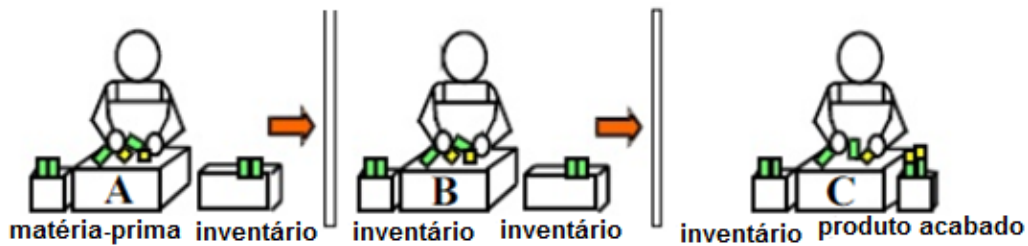


Figura 3: Redução do estoque afim de evidenciar os problemas  
Fonte: CORRÊA (1995).

Para que haja o perfeito funcionamento do JIT, o mesmo depende de três fatores: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada. Para a obtenção do fluxo contínuo o *layout* da fábrica deve ser reorganizado, como na Figura 4, e um fluxo unitário de produção deve ser implementado, desta forma, a eliminação das perdas por estoque, perdas por espera e redução do *lead time* de produção são garantidos dentro da empresa (GHINATO, 2000).

Tradicional (Tipo Fundamental) - Os trabalhadores estão separados



Fluxo contínuo: Elimina as verdadeiras "estagnações" de trabalho em cada processo e entre eles, viabilizando a produção 1x1

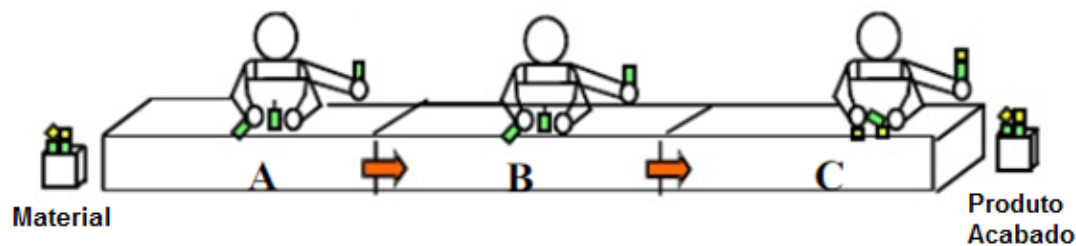


Figura 4: Fluxo de produção tradicional e Fluxo unitário contínuo  
Fonte: GHINATO (2000).

O *takt time* é o tempo necessário para produzir uma peça ou um produto final com base na demanda do cliente, é ele quem associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo de vendas, seguindo a mesma lógica da 'produção puxada' pelo cliente, a fábrica só irá produzir quando houver demanda do cliente evitando a superprodução, esse tipo de produção é viável por meio do *kanban* (GHINATO, 2000).




Produção puxada é a inversão do fluxo produtivo de muitas empresas, a fabricação dos produtos deixa de ser empurrada para o consumidor através de descontos e promoções e passa a ser puxada pelo mesmo na medida em que há uma demanda pelo produto final, eliminando estoques e agregando valor ao produto (WERKEMA, 2011).

#### 2.2.1.1 *Kanban*

A ferramenta *Kanban* é muitas vezes tratada como sinônimo do STP, porém esta é uma técnica para a implementação do que efetivamente é um sistema de produção (SHINGO, 1996).

*Kanban* são dispositivos sinalizadores, como os da Figura 5, que autorizam a produção ou retirada de itens em uma produção puxada. Esses

dispositivos são muitas vezes cartões, contendo informações como nome e/ou número da peça, fornecedor, local de armazenamento e de consumo, pode-se ainda, conter um código de barras afim de obter uma rastreabilidade do produto, entre outras informações pertinentes. *Kanban* então, é qualquer dispositivo que forneça informações necessárias para que o fluxo da produção siga de forma harmoniosa. Para isso, um produto é fabricado ou um item é retirado somente quando o mesmo assim determinar (WERKEMA, 2011).

| Tipo de Kanban        | Descrição                                                                                                                                                                                                                                           | Ícone                                                                                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Kanban de produção    | Informa ao processo anterior (processo fornecedor) o tipo e a quantidade de produto a ser fabricado para repor o que foi consumido pelo processo posterior (processo cliente).                                                                      |   |
| Kanban de sinalização | Autoriza que o processo anterior fabrique um novo lote quando uma quantidade mínima do produto (ponto de reposição) é atingida. É usado quando é obrigatório que o processo anterior produza em lotes devido a, por exemplo, necessidade de trocas. |   |
| Kanban de retirada    | Indica o tipo e a quantidade de produto a ser movimentado e transferido para o processo posterior                                                                                                                                                   |  |

**Figura 5: Tipos de sinalizadores *Kanban***  
**Fonte: WERKEMA (2011).**

Portanto, um cartão *Kanban* deve conter informações como o que produzir, quanto, quando e como produzir, como transportar o que foi produzido e onde armazenar o que foi transportado. Essas informações trazem benefícios à empresa como evitar o excesso de produção, reduzir estoques e, conseqüentemente, evitar desperdícios, o conhecimento das prioridades de produção por todos empregados, as diretrizes de trabalho serão baseadas na condição atual do processo e a eliminação da necessidade de espera por instruções de trabalho, já que isso é contido nos cartões (WERKEMA, 2011).

### 2.2.2 *Jidoka* – Autonomia

A revolução industrial trouxe muitas inovações, uma delas foi a mecanização das operações. Apesar de funcionarem automaticamente, as máquinas não entram em operação sem a inspeção do homem, isso ocorre pelo

simples fato de que a inteligência humana é necessária para detectar situações e anormalidades (SHINGO, 1976).

A automação, ou Jidoka, podem ser definidos como 'automação com influência humana'. As máquinas de hoje em dia são tão complexas que, a queda de um simples fragmento no seu interior pode danificá-las, resultando na fabricação de peças defeituosas até que se perceba o erro. No STP é dado ênfase na ideia de automação, onde máquinas podem ser interrompidas, pelo homem ou pela própria máquina quando se nota um problema na produção (OHNO, 1997).

A ideia central é a de impedir a concepção e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no fluxo de produção. Quando a máquina é interrompida os problemas se tornam visíveis a todos operadores e supervisores, isto gera um esforço conjunto para identificar a causa e eliminá-la, evitando assim, a reincidência do problema e com o tempo as paradas na linha de produção serão mínimas (GHINATO, 1996).

A separação entre a máquina e o homem é requisito fundamental para a implementação do *jidoka*. Essa separação é dada entre a detecção do problema e a solução dele. A detecção do problema pode ser uma função da máquina, pois é economicamente viável, já a solução, continua sendo restrita ao homem. Com isso, é possível que o mesmo homem opere, simultaneamente, mais de uma máquina (GHINATO, 2000).

O *Poka-Yoke*, termo japonês, significa à prova de erros e consiste em uma junção de procedimentos e/ou dispositivos para detectar e corrigir os problemas de um processo. Um dispositivo *Poka-Yoke* tem a função de evitar que o erro seja cometido ou que seja explícita a detecção e correção do mesmo. Esses dispositivos, como mostrado na Figura 6, são separados em duas categorias, de prevenção, que emprega métodos que não permitem a ocorrência do erro, e de detecção, que interrompem ou advertem quando um erro é cometido de modo que o responsável possa corrigi-lo o mais breve possível (WERKEMA, 2011).



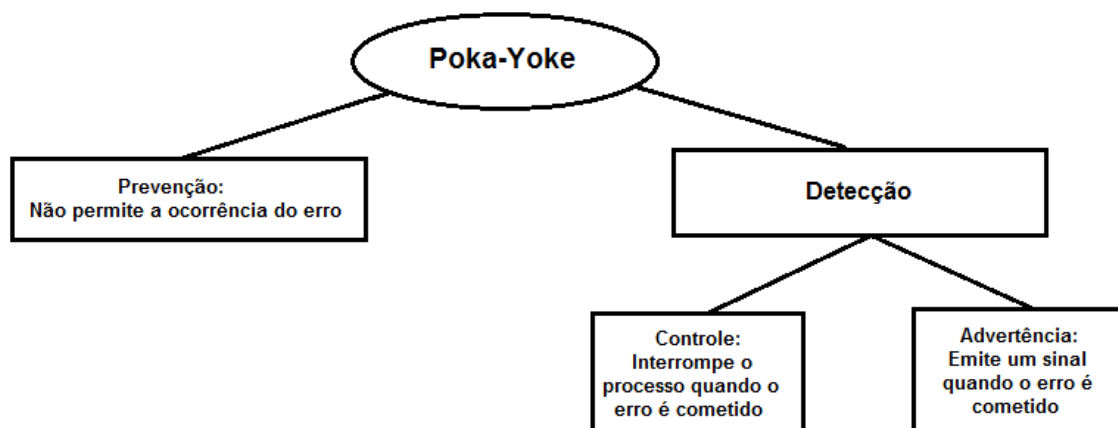


Figura 6: Categorias de dispositivos Poka-Yoke  
Fonte: WERKEMA (2011).

### 2.3 O LEAN CONSTRUCTION

Com base no Sistema Toyota de Produção surgiu a filosofia *Lean Thinking* ou Pensamento Enxuto. A mentalidade enxuta tem o objetivo de especificar valor, alinhar ações que agregam valor ao produto e de realizar atividades de forma eficaz e sem interrupções. Basicamente esse sistema inclui menos esforço humano, menos equipamentos, menos espaço, mais etapas em menos tempo, e ainda assim atender todas as necessidades do cliente no momento certo e na quantidade certa (WOOMACK apud Sato 2012)

Picchi (2004) elencou cinco princípios para entender o *Lean Thinking*:

- **Valor:** Deve-se especificar e melhorar o valor. O cliente precisa que, um produto atenda determinadas funções para que o mesmo seja útil, logo as empresas devem investigar as necessidades do cliente e implanta-las no produto final.
- **Cadeia de Valor:** É necessário identificar a cadeia de valor e eliminar os desperdícios provenientes da fabricação de um produto, desde a matéria prima até a entrega ao cliente. Atividades como transportes, estoques, re-trabalhos, esperas, etc.
- **Fluxo:** Fazer com que o produto flua. Na mentalidade enxuta um fluxo ideal seria um fluxo contínuo, sem estoques intermediários

e paradas durante os processos, obrigando a qualidade total dos subprodutos e eliminando assim os desperdícios.

- **Puxar:** Produzir conforme a demanda. Produzir mais que o necessário obriga a empresa a criar estoques que geram trabalhos de manutenção e transporte que não agregam valor ao produto. Na produção enxuta deve-se produzir na quantidade e momento certo para atender as solicitações dos clientes.
- **Perfeição:** Melhorias constantes para atingir a perfeição dos produtos. De acordo com a filosofia *Lean* os problemas devem ser identificados e eliminados imediatamente para que se possa prosseguir com as etapas de produção.

Devido as particularidades específicas da construção civil em relação aos outros setores, foram realizados vários trabalhos para conseguir êxito da filosofia *Lean* na construção. O *Lean Construction* surge então a partir de uma conversão das ideias aplicadas a indústria manufaturada para a construção civil em 1992, com a publicação de Lauri Koskela, trabalho intitulado “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” (KUREK, 2005).

Segundo Formoso (2000), a aplicação da mentalidade *Lean* na construção civil encontra problemas pelo fato do setor ter uma postura conservadora, pela falta de estratégia e pela visão de curto prazo dos profissionais de engenharia civil.

Na publicação de Koskela (1992) são elencados onze princípios do *Lean Construction* os quais serão abordados e exemplificados no decorrer deste trabalho.

### 2.3.1 Reduzir atividades que não agregam valor ao produto final

As atividades de um processo podem ser definidas como as que agregam valor ao que é requerido pelo consumidor e as que não agregam valor, que são atividades que consomem tempo, recursos e espaço sem agregar valor (KOSKELA 1992).

Porém este princípio não pode ser levado ao extremo, pois existem diversas atividades que devem ser feitas e que não agregam valor a obra, como por exemplo, as instalações sanitárias para os operários (ARANTES, 2008).

Um exemplo da utilização do princípio é mostrado na Figura 7, observa-se o emprego de um dispositivo de suporte para a mangueira que bombeia a argamassa, fazendo com que o operário possa executar outras atividades ao invés de somente segurar a mangueira para o lançamento.



**Figura 7: Eliminação de atividade que não agrega valor ao produto**  
Fonte: FORMOSO (2000).

2.3.2 Considerar as necessidades do cliente para que se possa aumentar o valor do produto

De acordo com Koskela (1992), o valor não é gerado a partir do processo de produção, mas sim como consequência do atendimento aos requisitos do cliente, para isso o cliente deve ter suas considerações questionadas, analisadas e implantadas, sempre que possível, para garantir a satisfação do serviço.

Este princípio pode ser atingido com a disponibilização de dados relativos para as preferências dos clientes finais, dados que podem ser adquiridos em forma de pesquisa de satisfação e pós-ocupação (SATO, 2012).

Ainda segundo Formoso (2002), o princípio pode ser atingido também se as equipes subsequentes de um processo forem consideradas clientes internos. Por exemplo, a equipe que executa a estrutura deve levar em consideração as tolerâncias dimensionais necessárias para que a execução da alvenaria e revestimento seja feita de forma mais facilitada, para isso deve-se

apontar as necessidades da equipe responsável pela execução da alvenaria e revestimento e aplicá-las no processo que antecede o mesmo.

### 2.3.3 Redução da variabilidade

Shingo (1996), aponta que a melhor forma de reduzir a variabilidade é a padronização dos processos, seja na conversão ou no fluxo produtivo da empresa.

Isatto (2000) apud Arantes (2008) atribui diferentes tipos de variabilidade relacionadas ao processo de produção, como as variações dimensionais dos materiais intermediários e nos requisitos dos clientes.

O desejo da certificação de qualidade vem contribuindo com o aumento de atividades padronizadas e conseqüentemente com a redução da variabilidade dentro das indústrias, visto que para obtenção do certificado é preciso gerar registros de atividades que seguem alguns critérios, métodos e padrões (SATO, 2012).

Essa redução pode ser atingida com o sistema *poka-yoke*, já que o mesmo permite inspeção total e zero defeitos de todas as etapas produzidas, garantindo a padronização e qualidade dos produtos (WERKEMA, 2011).

### 2.3.4 Reduzir o tempo de ciclo da produção

Utiliza-se o tempo para determinar um fluxo de produção, esse fluxo é caracterizado por todas as etapas necessárias para o desenvolvimento de um produto, a soma de todos os tempos gastos nessas etapas, conhecido como o tempo de ciclo. De acordo com Koskela (1992), um ciclo é composto por transformações, inspeções, esperas e movimentações, sendo que as atividades de transformações são as únicas que agregam valor ao produto. Sabendo que as atividades de inspeção, espera e movimentação são atividades que mais consomem o tempo em uma produção enxuta, deve-se eliminar essas atividades conseqüentemente reduzindo o tempo de ciclo.

Formoso (2000), exemplifica este princípio com a Figura 8, a mesma mostra dois tempos de ciclo para a mesma atividade. A segunda tabela organizacional traz um tempo de ciclo bem menor que a primeira, onde os

primeiros lotes produzidos podem ser entregues antes, há menos trabalho simultâneo o que aumenta o potencial de aprendizagem e os erros que podem aparecer nos primeiros lotes podem ser identificados de forma mais fácil e rapidamente corrigidos.

**ALTERNATIVA 1 (LONGO TEMPO DE CICLO)**

| Etapa | Período 1 | Período 2 | Período 3 | Período 3 | Período 4 | Período 5 | Período 6 | Período 7 | Período 8 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| B     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| C     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| D     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

**ALTERNATIVA 2 (PEQUENO TEMPO DE CICLO)**

| Etapa | Período 1 | Período 2 | Período 3 | Período 3 | Período 4 | Período 5 | Período 6 | Período 7 | Período 8 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| B     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| C     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| D     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

**Figura 8: Dois tempos de ciclo para uma mesma atividade**  
**Fonte: FORMOSO (2000).**

### 2.3.5 Simplificar o processo através da redução do número de passos

Essa simplificação é causada pela redução do número de componentes em um produto ou ainda pela redução de etapas na concepção do produto final. Através dessa simplificação é possível eliminar atividades que não agregam valor, visto que, quanto maior o número de atividades maior a tendência de atividades dispensáveis. Isso é decorrente de tarefas como montagem de estruturas auxiliares, limpeza, inspeção, etc (ARANTES, 2008).

Segundo Formoso (2000) essa simplificação pode ser atingida de diversas maneiras, como por exemplo, o uso de peças pré-fabricadas, mostrado na Figura 9, o uso de equipes polivalentes ao invés de muitas equipes especializadas, a formulação de um planejamento eficaz que busca eliminar dependências de atividades e agregar pequenas tarefas em atividades maiores.



**Figura 9: Uso de vergas pré-fabricadas para diminuir etapas na execução da alvenaria**  
Fonte: FORMOSO (2000).

### 2.3.6 Aumentar flexibilidade do produto

A flexibilização do produto está atrelada também como atividades que geram valor. Este princípio, diz respeito à possibilidade de alterar as características dos produtos finais entregues aos clientes sem o surgimento de custos. Mesmo que o princípio pareça contraditório com o aumento da eficiência, muitas indústrias o têm alcançado mantendo altos níveis de produtividade (ARANTES, 2000).

De acordo com Isatto (2000) apud Kurek (2008), a aplicação do princípio pode ser feita através do uso de mão de obra polivalente, na finalização detalhada do produto o mais tarde possível e com a utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grandes danos na produção.

Formoso (2000) exemplifica o princípio com algumas empresas do setor imobiliário que adiam a definição do projeto e até mesmo a execução das divisórias internas, estratégia que permite aumentar a flexibilidade do produto, dentro de certos limites, sem comprometer em grande escala na eficiência do sistema de produção.

### 2.3.7 Aumentar a transparência do processo

A maior transparência do processo faz com que os erros sejam mais perceptíveis, além de aumentar e melhorar o acesso a informação de todos os

usuários. Deste modo, o trabalho se torna mais simples além de reduzir o desperdício de materiais e atividades que não agregam valor ao produto final (KOSKELA, 1992).

Aumentando a transparência aumenta-se também a comunicação entre as etapas de produção e dos envolvidos, tornando as informações mais organizadas e acessíveis, contribuindo na diminuição do tempo de produção (SANTOS, 1999).

Em seu trabalho, Formoso (2000) traz exemplos de como esse princípio pode ser colocado em prática, incluindo a remoção de obstáculos visuais como tapumes e divisórias fechadas, a utilização de dispositivos visuais como placas que disponibilizam informações relevantes para a organização da produção e o emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis o nível de produtividade, número de peças rejeitadas, entre outras situações.

#### 2.3.8 Focar o controle no processo global

O controle do processo como um todo, torna a identificação e correção de possíveis desvios mais simples para que esses não venham interferir no prazo de entrega da obra (BERNARDES, 2003).

Um dos grandes riscos das melhorias é o de otimizar uma atividade específica dentro de um processo, com um impacto reduzido no desempenho global, causando preocupação excessiva em controlar as atividades separadas que se esquece de controlar o processo como um todo (ARANTES, 2008).

#### 2.3.9 Introduzir melhoria contínua no processo

De acordo com Koskela (1992,p.22) “o esforço para reduzir o desperdício e aumentar o valor é uma atividade interna, incremental e iterativa, que pode e deve ser realizada de forma contínua”. O autor cita alguns métodos que podem ser aplicados para a melhoria contínua do processo, incluindo a medição e monitoramento das melhorias, as metas de superação onde os problemas são descobertos e as suas soluções são estimuladas, a atribuição dessas melhorias para todos os funcionários.

### 2.3.10 Manter um equilíbrio entre as melhorias nos fluxos e nas conversões

Há diferenças entre as melhorias nos fluxos e as melhorias nas conversões, porém, os dois estão diretamente ligados e devem manter um equilíbrio. Melhores fluxos exigem menor capacidade de conversão e, conseqüentemente, menores investimentos em equipamentos, fluxos mais controlados facilitam a implementação de tecnologias na conversão e novas tecnologias na conversão podem ocasionar menor variabilidade e benefícios no fluxo (KOSKELA, 1992).

De acordo com Ohno (1997), a melhoria requer uma ordem, muitas vezes devem-se efetuar melhorias no processo de fluxo antes de buscar grandes investimentos em conversão.

### 2.3.11 Referência de ponta (*Benchmark*)

Para Arantes (2008) o *Benchmark* é um processo de aprendizagem a partir de práticas adotadas por outras empresas consideradas líderes no segmento. A competitividade da empresa é a soma dos seus pontos fortes desenvolvidos a partir da melhoria contínua, com boas práticas de outras empresas.

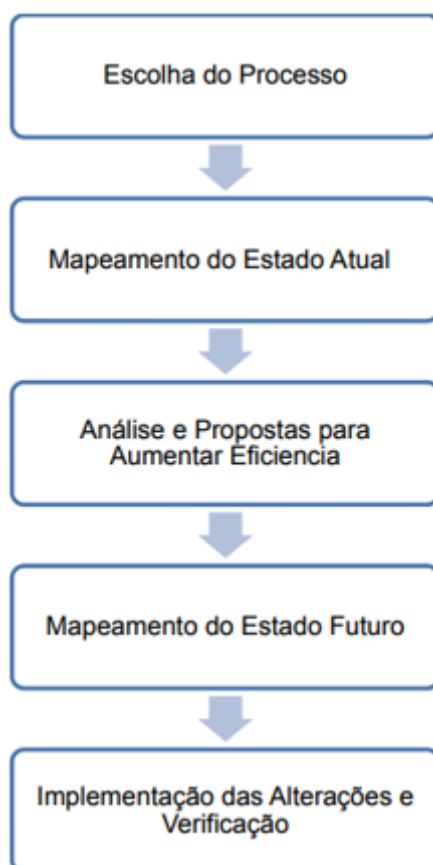
Para aplicação destes princípios, é preciso conhecer os processos da empresa, identificar as boas práticas dentro da empresa, e de outras bem-sucedidas no ramo, e entender a sistêmica dessas práticas para então, adaptá-las para a realidade da empresa.

## 2.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta muito utilizada quando se deseja colocar em prática o pensamento *Lean* em um determinado serviço, visando a melhoria contínua dos processos e a eliminação de etapas que não agregam valor ao serviço. Este tem a função de auxiliar na compreensão de um fluxo do processo de um produto ou serviço (SHOOK, 1999).



Basicamente o MFV, ilustrado na Figura 10, consiste na escolha e acompanhamento de todo o caminho de um produto ou serviço, desde fornecedor até o consumidor. Logo em seguida, desenha-se detalhadamente representações visuais de cada etapa do atual processo para que se possa analisar e apontar os pontos falhos do processo. A próxima etapa é elaborar um mapa futuro deste processo, excluindo os pontos apontados anteriormente e fazendo com que o processo ocorra da melhor forma possível. Por fim, é feita a implantação dessas propostas de melhoria e analisadas com a intenção de certificar que as alterações foram benéficas (ROTHER, 2003).



**Figura 10: Ilustração do MFV**  
Fonte: Autoria Própria (2018).

Rother (2003) afirma que a maioria das outras ferramentas existentes buscam melhorar as etapas do processo de forma individual, já o MFV possibilita, além da melhoria das etapas, uma melhoria nas interseções delas permitindo uma fluência e uma valorização do início ao fim do processo em questão.

Para a elaboração de um bom mapa de fluxo de valor, deve-se identificar uma família de produtos, essa preferencialmente deve ser a mais impactante no resultado final da empresa. Uma família de produtos corresponde aos produtos que passam pelas mesmas máquinas e etapas de fabricação (SHOOK, 1999).

Segundo Rother 2003, devem ser feitas quatro perguntas para o mapa atual a fim de se obter um mapa futuro de qualidade, são elas:

- O que está causando o desperdício?
- Onde é possível implementar o fluxo contínuo?
- Onde é melhor desencadear a produção?
- Como melhorar a produção?

### 3 METODOLOGIA

A metodologia tem o objetivo de guiar o autor durante todo o desenvolvimento da pesquisa. A elaboração e desenvolvimento de um projeto de pesquisa depende de um planejamento cuidadoso para que os resultados sejam satisfatórios (SILVA, 2005).

Segundo o mesmo autor, o método científico é o conjunto de processos que devem ser aplicados na investigação. É a linha de raciocínio adotada para a elaboração do trabalho.

Existem diferentes tipos de pesquisas quanto a sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. A pesquisa em questão é classificada como qualitativa por não se preocupar com representatividade numérica, mas sim, com a compreensão profunda de uma organização, sistema, processo, entre outros. Esta abordagem, é adotada quando se preocupa em divulgar o porquê das coisas e deixar claro o que convém ser feito, deixando de lado a quantificação de valores e a presença de provas visto que os dados coletados são não-simétricos sujeitos a diferentes abordagens (GERHARDT, 2009).

A classificação de uma pesquisa é feita com base nos seus objetivos gerais. De acordo com as considerações de Gil (2002), a pesquisa é de caráter exploratório pelo fato de ter como objetivo a garantia de maior intimidade com o problema, a fim de torná-lo mais explícito e construir hipóteses. Este tipo de pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou o descobrimento de intuições.

Para a compreensão do assunto, foi elaborada uma revisão bibliográfica identificando os métodos e ferramentas que serão utilizados para atingir os objetivos do trabalho.

O objeto de estudo foi uma empresa de artefatos pré-fabricados na cidade de Piraju, cidade do interior de São Paulo representada na Figura 11. A coleta dos dados foi feita através da análise dos processos e da organização da empresa. Nas visitas, foram identificadas algumas ferramentas de produção, os maiores desperdícios sejam nos materiais, nos equipamentos ou no processo e, alternativas para reduzir tais desperdícios.



**Figura 11 - Localização de Piraju-SP**  
**Fonte: Wikipedia.**

## 4 ESTUDO DE CASO

Nesta etapa foi descrita a situação atual de atuação da empresa, assim como os artefatos produzidos pela mesma, a análise das peças que tem uma maior demanda, o processo de produção do artefato estudado, o fornecimento de matéria prima e o armazenamento dos produtos e dos materiais. A partir disso, foi construído um Mapa de Fluxo de Valor do estado atual para melhor visualização das etapas e identificação de possíveis melhorias que podem ser adotadas para uma produção mais enxuta.

### 4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

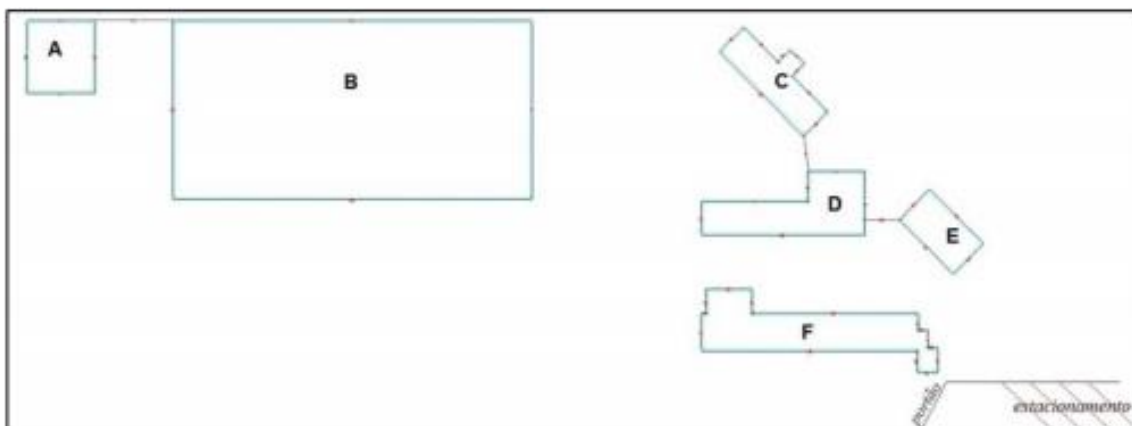
A empresa onde foi realizado o estudo situa-se na cidade de Piraju, interior do estado de São Paulo. Com 35 anos de atuação no mercado de peças pré-fabricadas, produz uma gama considerável de produtos, como tubos de concreto armado ou não, conjunto guia e sarjeta, tampas para poços de visita, blocos de concreto, grelhas destinadas a captação de águas pluviais, bocas de lobo e outros elementos quando pedido por um profissional que deseja aplicar uma peça pré-fabricada ao invés de produzi-la *in loco*. Como exemplo temos as vergas e contra-vergas e as tampas para caixas de gordura e inspeção.

A empresa atua em uma área afastada do centro da cidade, intitulada como Distrito Industrial de Piraju. Suas instalações estão locadas em uma área de aproximadamente 12.619,88 m<sup>2</sup> e conta com 14 funcionários exercendo as mais variadas funções, sejam elas técnicas, administrativas, de supervisão ou operação e manutenção das máquinas.

Com seu forte na fabricação de tubos, a empresa opera e atende as especificações estabelecidas pela NBR 8890 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários (2007), norma destinada a execução de tubos de concreto.

A Figura 11 ilustra a planta de situação da empresa. O *layout* das instalações busca otimizar a produção, mantendo o local de confecção das

peças o mais próximo possível do local onde são feitas as armaduras, onde se armazena os agregados e as sacas de cimento.



**Figura 12 - Layout da empresa**  
**Fonte: A autoria própria (2018).**

- Em que, A: Montagem das armaduras;  
B: Barracão destinado a fabricação das peças;  
C: Instalação destinada ao caseiro;  
D: Instalação destinada aos serviços gerais (vestiário, refeitório, cozinha e banheiros);  
E: Garagem;  
F: Prédio da administração e guarita.

Devido ao tempo limitado do autor para realizar uma pesquisa que abrangesse todas as peças confeccionadas, o estudo deste trabalho foi realizado somente em relação a confecção dos tubos de concreto. Além do que, a empresa não produz uma quantidade considerável das outras peças.

As visitas à empresa aconteceram durante todo mês de maio, esporadicamente, cerca de duas vezes por semana, para que pudesse ser feita a coleta de todos os dados necessários para a realização do estudo. Durante a pesquisa, todas as informações foram passadas pelo supervisor da produção e também sócio da empresa.

#### 4.2 FORNECIMENTO E ARMAZENAGEM DA MATÉRIA-PRIMA

O recebimento de matéria-prima é feito conforme esses materiais vão se esgotando. No barracão, destinado a confecção dos tubos, existem algumas baias destinadas a estocagem dos agregados, ilustrado na Figura 12, essas baias ficam com um volume considerável de materiais, para uma produção estimada de 2 dias, a partir do momento que o supervisor notar o baixo estoque é feito um pedido de agregados miúdos e graúdos.

Armazenar uma quantidade considerável desses materiais não gera problema algum, pois os agregados não sofrem danos significativos ao ficarem expostos até a utilização. Além do que, a utilização desses agregados é muito grande e a empresa fornecedora, tem entrega periódica dessa matéria-prima.



**Figura 13 - Baias de armazenamento dos agregados**  
**Fonte: Aatoria Própria (2018).**

O estoque de cimento também tem as mesmas previsões de produção dos agregados e é fornecido pela empresa quando solicitado pelo supervisor, essa solicitação varia de acordo com o volume do estoque.

A área destinada a estocagem do cimento fica ao lado da produção, para que o trabalhador não tenha que movimentar longas distâncias este material. A Figura 13 dá uma ideia da quantidade de estoque que a empresa mantém.



**Figura 14 - Estoque de cimento empilhados sobre paletes**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

Por último, as armaduras são recebidas em rolos, de telas já prontas, como ilustrado na Figura 14. Em relação a essa matéria prima, a empresa dispõe de um estoque para confecção de uma grande quantidade de produtos, o motivo disso é que o aço sofre muita oscilação no preço e a empresa aproveita a baixa para comprar uma grande quantidade e manter estocada.





**Figura 15 - Armazenamento das armaduras**  
**Fonte: Aatoria Própria (2018).**

#### 4.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO

O responsável pela produção informou que a produção pode ser considerada como produção puxada pelo cliente, visto que a produção das peças é produzida a partir de pedidos antecipados de clientes, exceto aquelas peças que por experiência prática o supervisor sabe que tem uma maior demanda e então, deixa uma quantidade pronta disponível em estoque.

Como dito anteriormente, a pesquisa foi realizada em relação somente aos tubos de concreto, logo a descrição da produção também é exclusivamente às etapas da produção dos tubos de concreto.

Para a produção dessas peças a empresa utiliza um sistema de fabricação por meio de vibração. Como o próprio nome já diz, o concreto é

vibrado e conformado por um conjunto vibratório para que o concreto tenha um bom adensamento e elimine o ar aprisionado.

#### 4.3.1 Tubos Vibrados

Com o estoque dos agregados devidamente suprido, as baias funcionam como uma espécie de funil gigante. Por gravidade os agregados tendem a cair no fim do sistema onde há um bocal fechado, a partir do momento que é preciso efetuar a dosagem dos materiais, uma carruola é levada até a saída desses agregados para que então a tampa possa ser aberta para ser feita a coleta da quantidade necessária de agregados para a confecção da peça. A Figura 15 mostra a imagem dos bocais de onde saem os agregados.



**Figura 16 - Bocais de retirada dos agregados**  
**Fonte: Aatoria Própria (2018).**

A empresa não dispõe de uma central de concreto usinado, a dosagem dos materiais é feita pelo supervisor da produção com base em sua experiência. Após a dosagem e coleta dos materiais, esses são despejados em uma caçamba, que é responsável pela alimentação da betoneira, onde será realizada a mistura desses agregados juntamente com o cimento e água.

Nessa etapa, a empresa utiliza dois trabalhadores para abastecer a caçamba que posteriormente irá alimentar a betoneira, o abastecimento dessa caçamba é constante para que a produção dos tubos não tenha uma pausa por falta de concreto pronto.

Depois da caçamba devidamente abastecida, como mostra a Figura16, é acionado o sistema para que a betoneira possa ser alimentada e iniciar a mistura desses materiais.



**Figura 17 - Caçamba onde se despeja os componentes do concreto**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

Depois da mistura realizada, o concreto é despejado em uma esteira rolante, demonstrada na Figura 17, que tem a função de transportar o concreto fresco até a fôrma cilíndrica que irá formar a peça. Nesse momento, um dos trabalhadores que estão abastecendo a caçamba, observa a umidade do concreto pronto. Muitas vezes o operário, com o auxílio de uma espécie de escovão, molha o concreto para ter trabalhabilidade um pouco maior, para o adensamento do concreto.



**Figura 18 - Esteira rolante conduzindo o concreto para a forma  
Fonte: Autoria Própria (2018).**

A próxima etapa é o lançamento do concreto na fôrma. A empresa fabrica tubos variados e de diferentes diâmetros, esses variam de 20 até 150 centímetros de diâmetro, contados de 10 em 10. O mesmo conjunto vibratório tem encaixe para as diferentes formas que conformam o artefato. Na Figura 18, é possível observar a variedade de fôrmas, externas e internas, existente para a produção dos diferentes tubos.





**Figura 19 - Formas responsáveis pela conformação dos tubos**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

Após a escolha do diâmetro final da peça, é selecionado as fôrmas externas e internas correspondentes. Com o auxílio de uma empilhadeira, primeiramente é colocado a fôrma interna no conjunto vibratório e em seguida a externa, logo em seguida a externa é fechada por meio de travas, para que o concreto não vaze por nenhuma fresta. Além disso, para cada tubo confeccionado é necessário um anel correspondente ao diâmetro da peça desejada, para apoiar a peça, ou seja, para vedar o fundo da forma, como pode ser visto na Figura 19. Feito todo esse procedimento, pode-se dar início ao lançamento do concreto na forma para a confecção da peça, como mostra a Figura 20.



**Figura 20 - Anéis para vedação do fundo das formas**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**



**Figura 21 - Lançamento do concreto no conjunto vibratório**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

Conforme é feito o lançamento do concreto, simultaneamente o conjunto vibratório é acionado para que cause vibrações constantes por cerca de 5

minutos, tempo necessário para que a fôrma seja toda preenchida e o concreto esteja devidamente adensado.

Como o concreto é dosado com baixa relação água/cimento, logo em seguida a fôrma interna pode ser retirada do conjunto, permanecendo agora somente a fôrma externa e a peça quase pronta no seu interior. O içamento dessa fôrma é feito por um cavalete disponível na empresa, esses detalhes podem ser vistos na Figura 21 abaixo.



**Figura 22 - Içamento da forma interna**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

Em seguida, com o auxílio novamente de uma empilhadeira, a fôrma externa, juntamente com o anel de fundo e a peça ainda fresca, é retirada daquele setor de produção e levados para o local onde é dado o acabamento manual das bordas.

Um trabalhador é responsável por auxiliar o motorista da empilhadeira no manejo da peça, após deixar o conjunto todo no chão o trabalhador abre as travas da forma para que esta possa ser retirada com maior facilidade. Depois



das travas abertas, o motorista da empilhadeira retira a fôrma do tubo deixando no local apenas a peça e o anel que a sustenta, ilustrado na Figura 22.



**Figura 23 - Desforma final**  
**Fonte: Aatoria Própria (2018).**

#### 4.4 ESTOCAGEM E CURA DAS PEÇAS PRONTAS

Após um período de 24 horas de descanso, desde a retirada da fôrma externa, as peças já estão com resistência suficiente para serem curadas sem estarem apoiadas no anel.

Para a retirada do anel de sustentação, os tubos de diâmetro pequeno, como os de 20 até 50 centímetros, o procedimento é feito manualmente com o auxílio de uma marreta e uma talhadeira, somente com algumas batidas no anel e o mesmo se desprende da peça, como mostra a Figura 23.





**Figura 24 - Desforma do anel de sustentação da peça**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

Para tubos de maiores diâmetros, é necessário o auxílio de uma empilhadeira para realizar o mesmo procedimento, visto que as peças mais robustas são extremamente pesadas e difícil de manusear. Portanto, uma empilhadeira levanta o tubo por meio de uma corrente, na sequência o anel ainda preso na peça é retirado por um trabalhador com facilidade com auxílio de uma marreta e uma talhadeira novamente. O procedimento descrito pode ser visto na Figura 24 abaixo.



**Figura 25 - Tubo sendo levantado pela empilhadeira para retirada do anel**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

A estocagem das peças é feita nas proximidades do barracão, já que há bastante espaço disponível. A cura é feita por meio de molhagem, o critério usado para saber qual a hora de fazer ou não a molhagem é por análise visual, a partir do momento que os próprios trabalhadores notarem que os tubos estão secos e esbranquiçados, com o auxílio de uma mangueira, é feito a molhagem das peças afim de fazer com que o concreto não perca água que ainda não reagiu completamente com o cimento e crie vazios na peça, diminuindo assim sua resistência. A estocagem e o processo de cura das peças pode ser visto nas Figuras 25 e 26 respectivamente.



**Figura 26 - Cura por meio de molhagem**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**



**Figura 27 - Estocagem das peças**  
**Fonte: Autorial Própria (2018).**

Além disso, o lugar onde as peças irão ficar de 3 a 4 dias curando deve ser uma superfície limpa e nivelada para que a gravidade não cause danos nos tubos. Para isso, a empresa escolhe o espaço que irá destinar para a cura das peças e em seguida um trator com uma pá carregadeira nivela o terreno e limpa a área para que as peças possam descansar o tempo necessário. Esse procedimento pode ser visualizado na Figura 27.



**Figura 28 - Nivelamento e limpeza do terreno**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

#### 4.5 TRANSPORTE

Passados os 4 dias de cura, a peça está pronta para a entrega ao cliente e para a sua utilização. Para a execução desta etapa são utilizados uma espécie de cabide com correntes para envolver a peça e assim possa ser levantada. Após a colocação desse cabide nos tubos, como mostra a Figura 28, a empilhadeira o levanta até o caminhão que irá transportar as peças até o seu destino final.



**Figura 29 - Peça com suporte para transporte**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

A empilhadeira conduz a peça até o caminhão e ergue na altura da carreta, onde dois trabalhadores são responsáveis por conduzir o tubo e arrumar a disposição deles. O caminhão que faz o transporte, depende da quantidade de peso que será transportado, para pequenas quantidades a empresa faz o uso de um caminhão leve e transporta a carga na vertical. Já para maiores quantidades, é utilizado um caminhão com maior capacidade e a carga é transportada horizontalmente, para aproveitamento de espaço e acomodação da carga. A Figura 29 nos mostra os trabalhadores em cima do caminhão dando o suporte para o carregamento e os dois tipos de cargas descritas acima.





**Figura 30 - Tipos de carga**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

#### 4.6 CONTROLE DA PRODUÇÃO

O controle de qualidade das peças é de responsabilidade total da empresa, portanto se a peça não atender as necessidades da obra por questões de resistência e padronização é de total responsabilidade da empresa que produz as peças.

Com isso o cliente, quando achar conveniente, pode realizar os ensaios de inspeção afim de apurar a qualidade dos produtos do fabricante e checar se os mesmos atendem os pré-requisitos exigidos pela NBR 8890 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários (2007).

A norma determina que a empresa fabricante deve fazer o controle tecnológico dos materiais utilizados assim como do concreto pronto, utilizado na fabricação dos tubos, além de fornecer essas informações ao comprador e ainda permitir o acompanhamento do processo de produção da peça para garantir as exigências estabelecidas, quando solicitado pelo cliente.

O consumidor deve também, realizar uma inspeção visual do lote como um todo e certificar-se que não haja peças com defeitos visíveis a olho nu, como bolhas, fissuras, furos ou outro defeito que prejudique a eficiência técnica da

peça, caso ocorra o comprador deve rejeitar as peças defeituosas e se houver mais de 30% de peças com problemas o mesmo deve rejeitar o lote todo.

#### 4.7 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Através de visitas esporádicas à empresa foi possível analisar como é o sistema de produção da mesma, como os materiais são estocados, como é o sistema de fornecimento de matéria prima, quantidade de trabalhadores, entre outras características da empresa.

Após o acompanhamento de todas as etapas de produção dos tubos foi possível levantar os tempos de ciclo de cada processo e da produção como um todo. Com essas informações será elaborado uma tabela quantificando o tempo de cada etapa de produção dos tubos vibrados e, em seguida será construído um Mapa de Fluxo de Valor da situação atual da empresa.

##### 4.7.1 Mapa de Fluxo de Valor Atual

O mapa do estado atual tem a finalidade de dar maior visibilidade do processo de produção dos tubos e relacioná-lo com fornecedores e clientes. Ao fazer uma análise crítica desse mapa é possível identificar desperdícios de qualquer natureza.

A Tabela 1 traz o tempo de ciclo de cada etapa do processo, desde a produção até o transporte para o destino final. A partir dele, foi possível obter o tempo de ciclo total da confecção de um tubo de concreto.

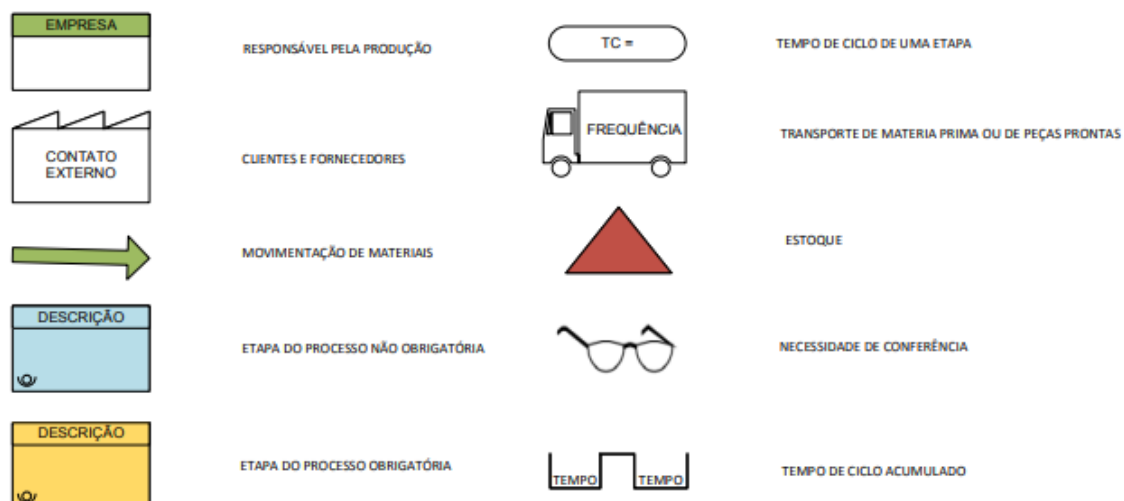
Tabela 1 - Tempos de Ciclo

| Atividade                   | Número de funcionários para realização da atividade | Tempo de Ciclo Médio | Necessidade de realizar em todas as peças |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|
| Confecção da armadura       | 2                                                   | 1 min 30s            | Não                                       |
| Transporte da armadura      | 1                                                   | 30s                  | Não                                       |
| Preparação das formas       | 3                                                   | 3min 20s             | Sim                                       |
| Colocação da armadura       | 2                                                   | 30s                  | Não                                       |
| Dosagem dos materiais       | 2                                                   | 1min 50s             | Sim                                       |
| Mistura dos materiais       | 0                                                   | 2min 30s             | Sim                                       |
| Transporte da mistura       | 0                                                   | 30s                  | Sim                                       |
| Concretagem                 | 0                                                   | 4min 30s             | Sim                                       |
| Vibração                    | 0                                                   | 2min 30s             | Sim                                       |
| Transporte do conjunto      | 2                                                   | 1min                 | Sim                                       |
| Desforma                    | 1                                                   | 40s                  | Sim                                       |
| Acabamento                  | 1                                                   | 2min 10s             | Sim                                       |
| Cura                        | 0                                                   | 4 dias               | Sim                                       |
| Carregamento da peça pronta | 4                                                   | 2min 30s             | Sim                                       |

Fonte: Autoria Própria (2018).

A tabela está organizada na sequência das etapas e a partir dela é possível realizar o Mapa de Fluxo de Valor, a legenda do mesmo é apresentada na Figura 30 e na sequência a Figura 31 traz o mapa.





**Figura 31 - Legenda do Mapa de Fluxo de Valor Atual**  
**Fonte: Autoria Própria (2018).**

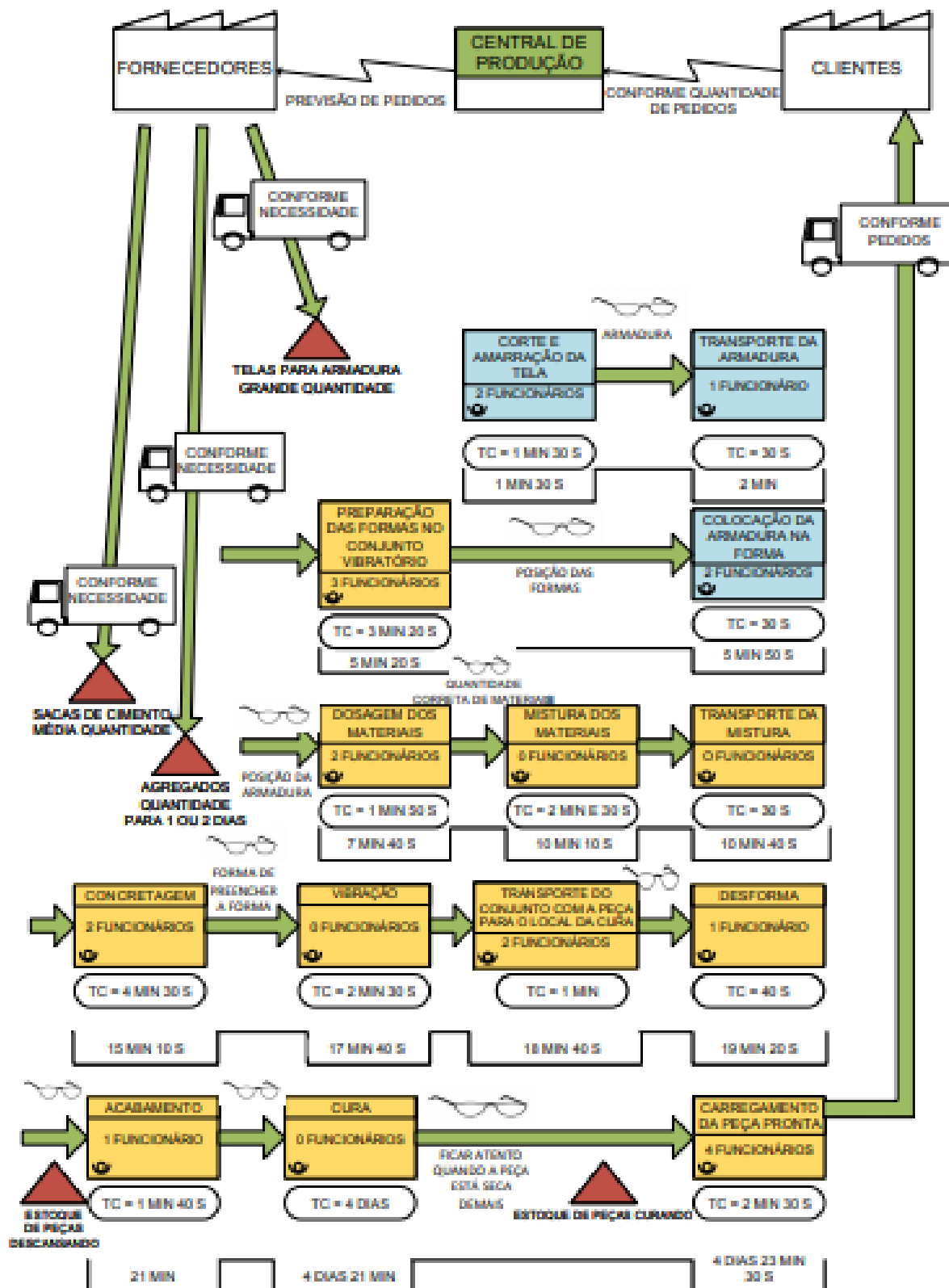


Figura 32 - Mapa de Fluxo de Valor Atual para produção de tubo de concreto  
 Fonte: Autoria Própria (2018).

O Mapa de Fluxo de Valor atual permite a visualização sistemática do processo de fabricação dos tubos vibrados e relaciona o processo produtivo com os clientes e fornecedores, além de nos ajudar a identificar os desperdícios de qualquer natureza.

O mapa traz as etapas de um tubo de concreto de 1 metro de diâmetro, armado ou não, juntamente com os tempos de ciclo médio, a movimentação de materiais, a quantidade de funcionários responsável por cada etapa, onde é necessária uma supervisão por parte do responsável pela produção, e outras características do processo que ficam mais fácil de serem visualizadas por um profissional.

Começando pela entrega de matéria prima, levando em consideração o *layout* da empresa, esse procedimento é feito de forma simples e sem problemas de grandes movimentações ou acesso dificultado, dessa forma a empresa já faz o uso das ideias *Lean* onde diz que o *layout* da empresa deve ser pensado para facilitar as etapas de uma produção.

No processo de produção em si, a empresa não faz uso de automação o que gera uma grande utilização de pessoas para executar as etapas. Como um funcionário custa caro para uma empresa, os trabalhadores acabam tendo muitas funções diferentes e isso anda em direção contrária da ideia de construção enxuta.

Com relação a desperdício de materiais, a empresa utiliza um sistema de produção que faz com que não tenha grandes desperdícios, já que a produção de um tubo que sucede a do anterior utiliza os mesmos materiais que pode vir a sobrar na produção da peça anterior , com isso o que sobra de concreto para a confecção de um tubo é aproveitado para a confecção do próximo e assim sucessivamente.

Analisando a produção de apenas uma peça podemos identificar alguns problemas na visão da construção enxuta, são eles:

- Na confecção da armadura não existe uma automação que faça essa função, logo a empresa precisa de mais de um trabalhador e ainda gasta uma parcela de tempo maior comparado a máquinas que fazem esse tipo de serviço.

- O fato da mistura ser feita por trabalhadores e não uma central de concreto gera uma falta de padronização das peças, ocupa mais pessoas do que o necessário e gera resíduos, por conta de o cimento utilizado ser armazenado em sacas.
- Pouca disponibilidade de fôrmas o que ocasiona esperas entre a produção de uma peça e outra.

Em suma, a empresa faz grande utilização de mão-de-obra humana e o mínimo de automação gerando desperdícios e falta de padronização da produção como um todo.

## 5 SUGESTÕES DE MELHORIAS BASEADAS NOS PRINCÍPIOS DA CONSUTRUÇÃO ENXUTA

Através da análise da situação atual foi possível identificar alguns pontos falhos que podem ser melhorados, afim de uma maior aproximação com o sistema de produção *Lean*.

Para isso foram sugeridas algumas alterações no processo de produção, na utilização de tecnologias e materiais e no modo de trabalho dos operários. Após essas sugestões, foi construído um Mapa de Fluxo de Valor futuro adotando as mudanças e aproximando ao máximo a produção dos tubos vibrados ao modelo de construção enxuta.

### 5.1 AUTOMAÇÃO E SIMPLIFICAÇÃO DE ALGUMAS ETAPAS

#### 5.1.1 Máquina de Soldar Armadura

As máquinas de soldar são destinadas a confecção de armaduras para a indústria de canalização e tubos de concreto, e satisfaz todos os requisitos relativos à alta produtividade, a flexibilidade e o atendimento das normas impostas, além de dispor de um baixo custo de manutenção e energia e ser operada por apenas uma pessoa.

Há máquinas para diferentes tipos de produção, sendo elas baixa, média e alta produção. Levando em consideração uma produção média da empresa, de 100 peças diárias, a Figura 32 traz uma imagem da máquina em questão.

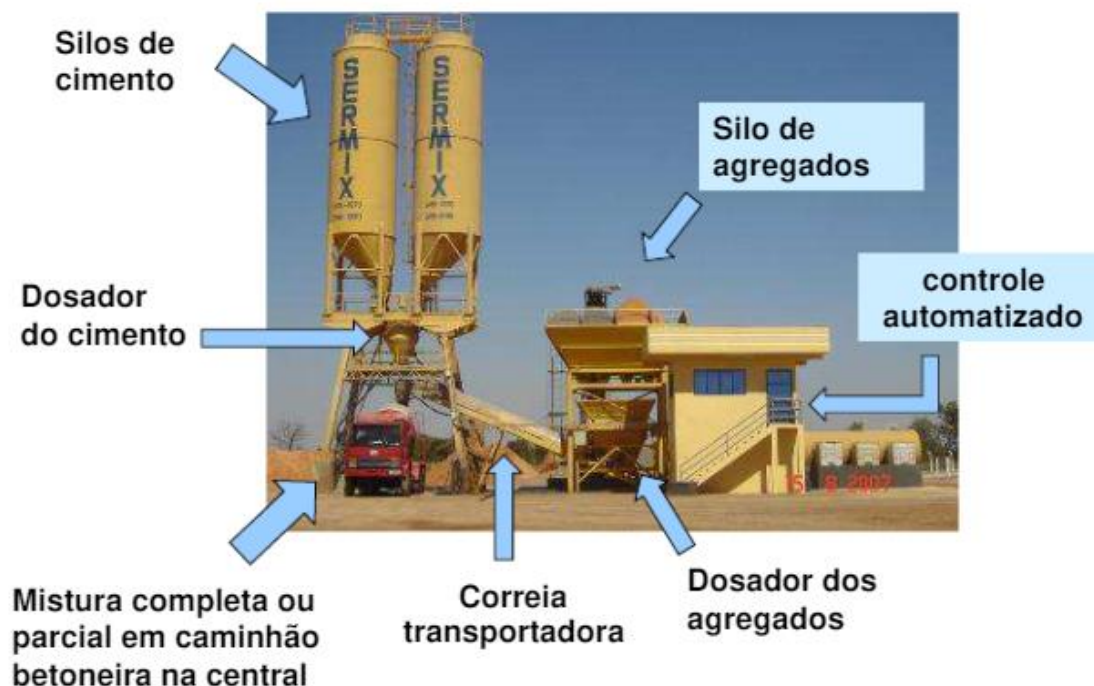


**Figura 33 - Máquina de soldar armadura**  
**Fonte: Mbk stronger connections (2018).**

Com a utilização dessa máquina, o processo de fabricação de armaduras precisaria apenas de um funcionário, além do que a produção seria significativamente maior em relação como é feito dentro da empresa por dois funcionários.

#### 5.1.2 Central de Concreto

A central de concreto é a designação das instalações onde são efetuadas as operações de dosagem e a mistura do concreto de acordo com as especificações descritas em normas. A imagem da Figura 33 representa o sistema.



**Figura 34 - Central de Concreto**  
**Fonte: AOKI (2008).**

Os equipamentos mínimos que uma central de concreto deve dispor são:

- Caixa e Balança de Agregados: Com duas divisões para agregados graúdos e duas para os agregados miúdos;
- Balança de Água e Aditivo: a dosagem da água de amassamento deve ser feita através de balança ao invés de hidrômetro: a precisão melhora e os problemas diminuem;
- Silo e Balança de Cimento: Deve ser instalada em fundações que atendam futuras ampliações e permitir uma fácil manutenção;
- Dosador de Cimento: O cimento deve ser dosado em massa, com desvio máximo do valor nominal igual a 1% da capacidade da balança;
- Misturador: O tempo de mistura irá variar com a dosagem requerida.

A central de concreto é muito útil em empresas que produzem peças pré-fabricadas de médio-grande porte, visto que na maioria das vezes o concreto utilizado é moldado in loco o que causa muita variação da qualidade das peças.

Outra questão importante a se levar em consideração é o preço que antes era caro e inacessível para alguns empresários, hoje tem-se outra

realidade já que existem diferentes tipos e tamanhos de centrais de concreto para atender a demanda da empresa.

Por último, a dosagem dos materiais é feita de forma mais rápida e padronizada, diminuindo o tempo de ciclo nessa etapa, não utilizando mão-de-obra humana para realização do serviço e ainda não gerando resíduos que antes era gerado pelas sacas de cimento.

### 5.1.3 Concreto Auto Adensável

O concreto auto adensável apresenta duas propriedades fundamentais, a fluidez e a estabilidade. Essas propriedades conferem ao concreto uma excelente capacidade de se adequar a vários obstáculos, preencher todos os espaços vazios da fôrma unicamente através de seu próprio peso, e evitar a segregação e exsudação, não necessitando de qualquer vibração externa ou adensamento. A fluidez é a capacidade do concreto auto adensável escoar preenchendo todos os espaços, já a estabilidade é a capacidade que o concreto auto adensável possui de se manter coeso e homogêneo após ter fluído ao longo das fôrmas, a Figura 34 traz uma imagem da mistura sendo lançada (TUTIKIAN 2008).



**Figura 35 - Concreto Auto Adensável**  
Fonte: TUTIKIAN (2008).



Os materiais utilizados em sua dosagem são os mesmos que o do concreto convencional, porém com adição de aditivos superplastificantes e modificadores de viscosidade combinados com alto teor de finos, sejam eles de cimento Portland, adições minerais, *fillers* ou outros (TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2008).

O concreto auto adensável pode ser utilizado em elementos pré-moldados em virtude de suas grandes vantagens em relação a mistura convencional, visto que apresentam garantia de bom acabamento em concreto aparente, otimização da mão de obra com aumento da produtividade, maior rapidez na fabricação das peças, eliminação da vibração, entre outros benefícios.

A implantação dessa tecnologia reduziria algumas etapas e quantidade de mão de obra, já que a mistura é muito mais fácil de ser trabalhada, com isso reduziria o tempo de concretagem da peça, aumentando a produtividade da fabricação das peças.

Essa tecnologia seria mais voltada para as outras peças que a empresa produz como blocos de concreto, conjuntos guia e sarjeta, grelhas de concreto destinadas a captação de águas pluviais, tampas para poços de visita, entre outras peças que não são conformadas com o concreto com baixa relação água/cimento como os tubos o concreto que precisam ser desformados logo após a confecção.

#### 5.1.4 Mudança na Utilização das Fôrmas

A empresa dispõe de três conjuntos vibratórios para a confecção dos tubos, porém para a confecção de tubos de mesmo diâmetro é utilizado somente um conjunto pelo fato de cada tamanho de tubo conter apenas uma fôrma interna e outra externa. Por isso a necessidade da desforma imediata para que um próximo tubo possa ser confeccionado. Isso ocasiona a espera, visto que o primeiro tubo conformado precisa ser transportado para a área de descanso, desformado pelo trabalhador para então a fôrma vazia ser transportada novamente para o conjunto vibratório.

Com a existência de no mínimo duas fôrmas para cada tamanho, a concretagem não seria interrompida por esperas e que não agregam valor ao produto final, tornando a produção mais eficiente em relação a quantidade de peças produzidas em um mesmo intervalo de tempo.

#### 5.1.5 Ponte Rolante

A ponte rolante é um equipamento usado no transporte e elevação de cargas, geralmente em instalações industriais. Trata-se de uma estrutura que fica suspensa, normalmente dentro de uma edificação, e que desloca cargas e materiais no sentido vertical, transversal e longitudinal, como pode ser visto na Figura 35.

O equipamento se desloca sobre dois trilhos elevados e paralelos. Pode ser classificado de acordo com a capacidade de carga ou, então, em função da frequência de utilização (ocasional, leve, moderado, constante, pesado).



**Figura 36 - Pontes Rolantes**  
Fonte: Stahl (2018).

Segundo o fabricante as vantagens desse sistema dentro de uma empresa são:

- Possibilidade de ser projetada em diferentes tipos de vãos;
- Aproveitamento total da área útil de produção;
- Baixo nível de ruído;
- Transporte suave de peças garantindo o mínimo de balanço;
- Operada por apenas um trabalhador.

Com a aplicação da ponte a empresa consegue efetuar o transporte de fôrmas, peças já prontas, armaduras já confeccionadas e qualquer outro tipo de material com peso máximo estipulado pelo fabricante.

## 5.2 RELAÇÃO DESSAS MELHORIAS COM A IDEIA DO *LEAN CONSTRUCTION*

Após a análise das etapas e do Mapa de Fluxo de Valor atual da produção, foram levantadas algumas medidas como forma de melhoria no processo de produção com base no *Lean*.

Foi construído a Tabela 2 elencando os dispositivos ou tecnologias sugeridas, relacionando com os princípios e o impacto que isso causaria no sistema de produção.

**Tabela 2 - Melhorias *Lean***

(continua)

| <b>Ideologias <i>Lean</i></b>                             | <b>Métodos de Aplicação</b> | <b>Melhorias</b>                                                                             |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reduzir atividades que não agregam valor ao produto final | Máquina de soldar armadura  | Confecção da armadura de forma mais rápida e eficaz com o uso de apenas um trabalhador       |
|                                                           | Central de Concreto         | Exclui a necessidade de trabalhadores terem que fazer a dosagem e abastecimento de materiais |

Tabela 3 - Melhorias *Lean*

(continua)

| Ideologias <i>Lean</i>                                    | Métodos de Aplicação                                                                                                                                    | Melhorias                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reduzir atividades que não agregam valor ao produto final | <p>Concreto Auto Adensável</p> <p>Disponibilidade maior de fôrmas</p> <p>Ponte Rolante</p>                                                              | <p>Elimina a etapa de vibração do concreto logo após o lançamento</p> <p>Reduz o intervalo de tempo sem atividades entre produção de um tubo e outro</p> <p>Exclui a necessidade de empilhadeira disponível para transportar fôrmas e peças</p>                                                                        |
| Reduzir a variabilidade dos produtos                      | <p>Máquina de soldar armadura</p> <p>Central de Concreto</p>                                                                                            | <p>Aumenta a padronização já que é controlada por um sistema e não depende da ação humana</p> <p>Mantém a padronização do traço obtendo as mesmas características finais das peças</p>                                                                                                                                 |
| Reduzir o tempo de ciclo da produção                      | <p>Máquina de soldar armadura</p> <p>Central de Concreto</p> <p>Concreto Auto Adensável</p> <p>Disponibilidade maior de fôrmas</p> <p>Ponte Rolante</p> | <p>Maior produção em um mesmo intervalo de tempo</p> <p>Efetua a dosagem e a mistura dos materiais de forma mais rápida</p> <p>A concretagem se torna mais simples e rápida</p> <p>Reduz o intervalo de tempo sem atividades entre produção de um tubo e outro</p> <p>Transporta fôrmas e peças com mais agilidade</p> |

Tabela 4 - Melhorias *Lean*

(conclusão)

| Ideologias <i>Lean</i>                                        | Métodos de Aplicação                                            | Melhorias                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Simplificar o processo através da redução do número de passos | Central de Concreto<br><br>Concreto Auto Adensável              | Elimina a dosagem dos materiais feita pelo trabalhador<br><br>Elimina a etapa de vibração do concreto logo após o lançamento |
| Aumento da flexibilidade do produto                           | Máquina de soldar armadura                                      | Produz uma maior gama de armaduras diferentes                                                                                |
| Referência de ponta ( <i>Benchmark</i> )                      | Todas essas sugestões são adotadas por grandes empresas do ramo | Automatização da produção                                                                                                    |

Fonte: Autoria Própria (2018).

Um dos princípios do *Lean* que não foi apresentado na tabela é o de manter um equilíbrio entre as melhorias nos fluxos e nas conversões, ou seja, além dessas modificações e implantações de novas tecnologias a empresa também precisa que a mentalidade dos trabalhadores mude, que esses busquem realizar um trabalho mais enxuto.

Com a aplicação dessas melhorias a empresa tende a conseguir diminuir desperdícios de todas as naturezas, reduzir a quantidade de resíduo gerado como as sacas de cimento e os retalhos de aço, reduzir a quantidade de mão de obra humana e aumentar a qualidade de seus serviços prestados.

### 5.3 MAPA DE FLUXO DE VALOR FUTURO

Com a construção do Mapa de Fluxo de Valor atual, a análise do processo produtivo e as possíveis melhorias que podem ser adotadas, foi possível elaborar a Tabela 3 com os novos tempos de ciclo e a nova quantidade de funcionários que são utilizados para cada etapa.

**Tabela 5 - Tempos de ciclo previstos com as mudanças**

| <b>Atividade</b>                            | <b>Número de funcionários para realização da atividade</b> | <b>Tempo de Ciclo Médio</b> | <b>Necessidade de realizar em todas as peças</b> |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|
| Confecção da armadura                       | 1                                                          | 1min                        | Não                                              |
| Transporte da armadura                      | 1                                                          | 30s                         | Não                                              |
| Preparação das formas                       | 2                                                          | 3min 20s                    | Sim                                              |
| Colocação da armadura                       | 2                                                          | 30s                         | Não                                              |
| Dosagem, Mistura e Transporte dos materiais | 0                                                          | 3 min                       | Sim                                              |
| Concretagem                                 | 2                                                          | 4min 30s                    | Sim                                              |
| Vibração                                    | 0                                                          | 2min 30s                    | Sim                                              |
| Transporte do conjunto                      | 1                                                          | 1min                        | Sim                                              |
| Desforma                                    | 1                                                          | 40s                         | Sim                                              |
| Acabamento                                  | 1                                                          | 2min 10s                    | Sim                                              |
| Cura                                        | 0                                                          | 4 dias                      | Sim                                              |
| Carregamento da peça pronta                 | 3                                                          | 2min 30s                    | Sim                                              |

**Fonte: Autoria Própria (2018).**

A partir dessa tabela foi construído um Mapa de Fluxo de Valor futuro para que fosse possível fazer uma análise comparativa da produção antiga e a futura, baseado na adoção de melhorias, o mapa pode ser observado na Figura 36.

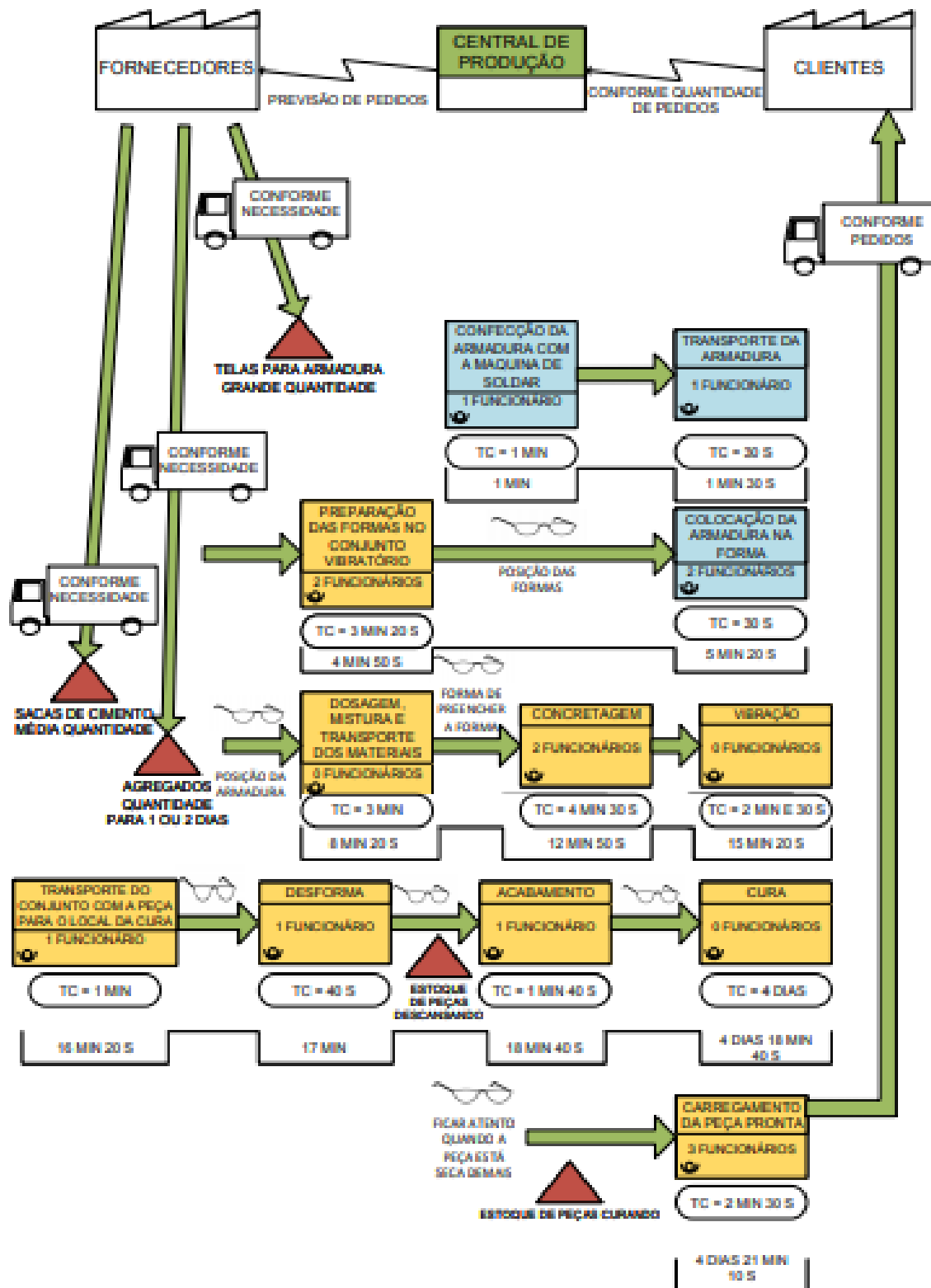


Figura 37 - Mapa de Fluxo de Valor Futuro  
 Fonte: Autoria Própria (2018).

Comparado com o Mapa de Fluxo de Valor atual, no mapa futuro temos a exclusão da necessidade de mão de obra em algumas etapas como na confecção das armaduras, na dosagem dos materiais assim como na mistura dos mesmos, no transporte das peças dentro do barracão de produção e também para o destino final.

O tempo de ciclo da peça não obteve muito impacto pelo fato do mapa discretizar o processo de produção de apenas uma peça, porém analisando-se uma grande escala de produção final se tornará bem menor pelo fato de algumas esperas terem sido eliminadas pela implantação de algumas tecnologias.

A qualidade do produto final também é melhorada significativamente, visto que agora a empresa irá dispor de uma máquina para a confecção das armaduras, uma central de concreto que faz a dosagem dos materiais padronizada por sistema computacional e até mesmo no transporte que antes era com empilhadeiras o que poderia gerar impactos da peça com obstáculos presentes na área de produção.

A aplicação dessas melhorias fez com que algumas etapas não precisassem mais de verificação dos produtos intermediários que antes eram produzidos por trabalhadores e agora serão confeccionados por máquinas.

Com a diminuição do uso da mão de obra, a empresa pode também reduzir o número de trabalhadores que geram grandes quantidades de impostos, com isso a empresa conseguiria diminuir seus custos de mão de obra com investimentos em tecnologias.



## 6 CONCLUSÃO

Nos dias atuais a modernização está presente em todos os setores, e isso não poderia ser diferente com a construção civil, por mais resistente a tecnologia que o setor seja, ora ou outra, novos materiais aparecerão e a utilização deles tende a impulsionar qualquer tipo de empreendimento.

A construção enxuta além de inserir novas tecnologias e materiais no processo de produção conta ainda com a inserção de novas ideias e formas de trabalho para que todo o processo, desde a entrega de matéria prima até o transporte do produto para o cliente, seja da forma mais otimizada e com maior qualidade.

O objetivo do trabalho foi acompanhar a fabricação de tubos de concreto pré-fabricados, discretizando o processo e entendendo como o mesmo se desenvolve dentro da empresa, a partir disso foi possível elaborar um Mapa de Fluxo de Valor atual, identificar as atividades que não agregavam valor ao produto ou etapas que poderiam ser modernizadas. Logo em seguida, foi possível construir um Mapa de Fluxo de Valor futuro, eliminando e modernizando algumas etapas para que o sistema de produção ficasse mais inteligente e dependesse menos de mão de obra humana.

Diante da situação futura, fica claro que a modernização da empresa traria muitas vantagens, além do tempo de ciclo da produção diminuir significativamente em uma produção considerável de peças, a empresa ainda contaria com uma maior qualidade dos produtos pelo fato das máquinas realizarem trabalhos padronizados previamente requerido pelo responsável da produção.

A mudança mais visível, antes mesmo de aplicar as sugestões, é a diminuição da utilização dos trabalhadores, com as mudanças sugeridas os trabalhadores seriam solicitados menos vezes em 30% com relação a situação antiga, além da empresa conseguir lidar mais fácil com uma menor quantidade de pessoas trabalhando na produção.

Outro fator importante, que faz com que melhorias sejam aplicadas sempre que possível, é a redução de resíduos. Com a adoção da central de concreto, a empresa produziria menos resíduos na dosagem do concreto pelo

fato do cimento não estar armazenado em sacas, isso também aconteceria a na etapa de confecção da armadura, já que a máquina de soldar armaduras é alimentada por rolos que serão cortados do tamanho desejado e sem sobras.

Portanto, pode se dizer que a aplicação de automação é uma das melhores alternativas para alavancar um processo produtivo, pois reduz o tempo de execução e o número de profissionais envolvidos, além de reduzir desperdícios e também a produção de resíduos.

Conclui-se então que, uma análise das etapas de produção assim como o contato externo com seus colaboradores pode e deve ser realizada em qualquer setor que trabalhe com uma produção em série e que busca obter melhorias em seu sistema produtivo. Hoje, isso se torna indispensável uma vez que o aumento da concorrência e o aparecimento de novas tecnologias pressionam as empresas para buscar uma maior produtividade sem deixar desejar na qualidade e padronização dos produtos confeccionados.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante abordar a viabilidade econômica para aplicar essas melhorias sugeridas, e se possível, aplicar de fato essas transformações a fim de verificar o real impacto causado na produção e, comparar com as mudanças esperadas citadas no decorrer deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. (FIP-2002). **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003).

ARANTES, Paula C. F. G. **Lean Construction – Filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2008.

AOKI, J. **Dicas para aquisição e montagem de central de concreto**. 2008. 1a e 2a ed. Pub. Cimentos Itambé.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 1985.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

El Debs, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**, São Carlos: EESC-USP, 2000.

FORMOSO, Carlos Torres. **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos**. Disponível em <<http://www.leansixsigma.com.br/acervo/2011520.PDF>>. Acesso em 16 de setembro de 2017.

FERNANDEZ, Ordoñez. **Jornada Internacional da Abcic ressalta a versatilidade e benefícios da construção industrializada de concreto**. Disponível em Revista Industrializar, ed. Nº 9 – Dezembro de 2016.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009.

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

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção** – mais do que simplesmente just-in-time – Automação e Zero defeitos. Caxias do Sul: Educs, 1996.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ed - São Paulo: Atlas, 2002.

HIROTA, E.H.; FORMOSO, C.T. **O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção**. Salvador, 2000.

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

KUREK, Juliana. **Introdução dos princípios da filosofia de construção enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo – RS**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2005.

MAGEE, D. **O segredo da Toyota**. Rio de Janeiro: Campus, 2008.

Mbk stronger connections. **Máquina de soldar armaduras**. Disponível em: < [www.mbk-kisslegg.de](http://www.mbk-kisslegg.de) > Acesso em 29 de maio de 2018.

MÜLLER, Cláudio José. **Sistema Toyota de Produção**. 1996.

**NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007b.

NERI, M. C. (Coord.), **Trabalho, Educação e Juventude na Construção Civil**, FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS.. – Rio de Janeiro: FGV/CPS, 2010.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção** – Além da produção em larga escala. 5ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 1997.

PICCHI, F. A. **Aplicação do Lean Thinking ao Fluxo de Obra**. São Paulo: julho/2004.

PIRAJU aberto. In: Wikipedia: a enciclopédia livre. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Piraju> > Acesso em: 26 jun 2018.

ROTHER, Mike. **Aprendendo a Enxergar**. 2a edição. São Paulo. Lean Institute Brasil, 2003

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – Formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo – SP: Escola Politécnica da USP, 1978.

SANTOS, A.. **Application of production management flow principles in constructions sites**. 513 f. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Constuction and Property Management, University of Salford, Salford, UK, 1999.

SATO, Susan P. **Análise do processo de fabricação e proposta de melhorias para elementos pré-fabricados que compõem casas populares sob o aspecto da produção enxuta**. 2012. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

SHOOK, John. **Learning to see**. Lean Enterprise Institute, 1999.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção** / Shingeo Shingo ; tradução Eduardo Schaan. – 2. Ed. – Porto Alegre – RS: Artmed, 1996.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, EsteraMuszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ed – Florianópolis: UFSC, 2005.

STAHL. **Benefícios na utilização de pontes rolantes**. Disponível em: <<http://www.stahl-talhas.com.br>> Acesso em 30 de maio de 2018.

TUTIKIAN, Bernardo F.; DAL MOLIN, Denise C. **Concreto auto adensável.1a edição**. São Paulo, PINI, 2008.

VERAS, Carlos M. A. **Sistema Toyota de Produção (Toyota way)**. São Luis – Maranhão: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, 2009.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma: Introdução às ferramentas do lean manufacturing** / Cristina Werkema. – 2. Ed. – Rio de Janeiro – RJ: Elsevier, 2011.