

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**RENATA CAROLINA CANESTRARO**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN PARA MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO  
EM UM AMBIENTE ETO**

**CURITIBA**

**2017**

**RENATA CAROLINA CANESTRARO**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN PARA MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO  
EM UM AMBIENTE ETO**

Artigo apresentado ao Programa de Especialização em Engenharia de Produção, como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Izabel Cristina Zattar

**CURITIBA**

**2017**

## **Aplicação de Ferramentas Lean para Mapeamento da Produção em um Ambiente ETO**

Renata Carolina Canestraro

Izabel Cristina Zattar

### **RESUMO**

Empresas de produção em larga escala tem implementado com sucesso o *Lean Manufacturing*, mas indústrias com sistemas produtivos *engineer-to-order* (ETO) ainda encontram muitos obstáculos para alcançar um ideal de produção enxuta. Um dos principais problemas observados nas empresas ETO é tentar implantar a metodologia de forma pronta, sem realmente compreender as ferramentas e a filosofia. Portanto, este trabalho propõe apresentar um foco diferente, ou seja, visa utilizar as ferramentas *Lean* para mapear a produção de uma empresa estudo de caso e propor recomendações para melhorar sua produtividade. As ferramentas de mapeamento de fluxo de valor (MFV) e diagrama de Ishikawa foram aplicadas para identificar melhorias, reduzir desperdícios e conseqüentemente o *lead-time* de produção de uma empresa estudo de caso. Através dos estudos realizados concluiu-se que o alto tempo de atravessamento devia-se ao longo tempo de espera entre as etapas, principalmente nos setores de dobra, estamparia, solda, tratamento superficial e pintura. Propuseram-se soluções para cada um dos setores, algumas das quais foram adotadas pela empresa, reduzindo o lead-time total em aproximadamente cinco horas.

*Palavras-chave: Engineer-to-Order (ETO), Baixos Volumes e Alta Variabilidade, Lean Manufacturing, Mapeamento de Fluxo de Valor.*

### **ABSTRACT**

Large-scale manufacturing companies have successfully implemented Lean Manufacturing, but industries with engineer-to-order production systems still encounter many obstacles for achieving a lean ideal. One of the main issues

observed in ETO companies is implementing the methodology, without actually understanding the tools and the philosophy. Therefore, this paper presents a different approach, to use the Lean tools to map the production of a case study company and propose recommendations to improve its productivity. The Value Stream Mapping (MFV) and Ishikawa Diagram tools were applied to identify improvements, reduce waste and thus, the lead-time. Through the study, it can be concluded that the long lead-time was due to the long waiting time between the stages, especially in the sectors of folding, stamping, welding, surface treatment and painting. Solutions were proposed for each of one the sectors, some were implemented by the company, reducing therefore the total lead-time in approximately five hours

*Keywords: Engineer-to-Order (ETO), Low Volumes and High Variability, Lean Manufacturing, Value Stream Mapping.*

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente pressão e demanda dos clientes por produtos altamente customizados, faz com que as empresas *Engineer-to-Order* desempenhem um papel fundamental no mercado, devido a sua capacidade de desenvolver produtos *one-of-a-kind*, totalmente baseados nos requisitos dos clientes (ADRODEGARI; BACCETTI, 2013).

Entretanto a competição faz com que o nível de exigência dos clientes fique cada vez maior. Desta forma, para a organização ter sucesso, deve-se fabricar um produto com o menor custo possível e ter a capacidade de suprir o mercado de forma ágil, com flexibilidade e versatilidade. Isto significa que o sistema de produção deve estar em constante melhoria, para tal se faz necessário utilizar ferramentas *Lean* (SAIA, 2013).

O sistema de produção enxuto - *Lean Manufacturing* - pode ser descrito e como um conjunto de ferramentas e técnicas que visam identificar e eliminar os desperdícios nas operações produtivas (POWELL; STRANDHAGEN, 2014). Para tal, o *Lean* foca em eliminar continuamente as atividades que não agregam valor e maximizar as que agregam, conseqüentemente reduzindo custos e aumentando qualidade do produto. Entende-se por desperdício e atividades que não agregam

valor qualquer atividade realizada durante o processo produtivo pela qual o cliente não estaria disposto a pagar (CHOOMLUCKSANA ET AL., 2015).

Este sistema foi desenvolvido através de práticas e métodos de trabalho utilizados na empresa Toyota Motors Co (POWELL; STRANDHAGEN, 2014). Posteriormente batizado pelo professor Womack de *Lean Manufacturing* (SANTOS, 2011). Devido à origem na indústria automotiva, que se baseia na produção em massa, é natural encontrar dificuldades para implantá-lo em ambientes com baixos volumes e alta variabilidade de produtos e processos. Ao contrário de uma abordagem *Make-to-Stock (MTS)*, no *Engineer-to-Order (ETO)* não há demandas contínuas, que gerem produções em fluxos contínuos e consumo em massa (POWELL; STRANDHAGEN, 2014).

Atualmente a aplicação dos conceitos e técnicas do *Lean* em um ambiente ETO ainda é vista com certo preconceito, uma vez que devido às peculiaridades deste tipo de produção - baixos volumes, alto lead time, elevado nível de customização - se torna mais complexo (LAUREAU, 2002). Estes obstáculos e dificuldades podem ser compreendidos visto que muitas empresas querem implantar a metodologia de forma “pronta” e mecânica, ou seja, utilizando uma “caixa de ferramentas” e não compreendendo a fundo os princípios do pensamento *Lean* e como utilizá-lo de uma maneira mais holística (LANDER; LIKER, 2007, APUD PAOLI; ANDRADE, 2014).

Frente a estas dificuldades o artigo apresenta uma abordagem diferente da implementação do sistema *Lean* neste ambiente peculiar, tendo como objetivo aplicar ferramentas *Lean* para mapear a produção de uma empresa estudo de caso com ambiente ETO. Para atingir este objetivo, algumas etapas são fundamentais, portanto os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar desperdícios e atividades que não agregam valor;
- Propor soluções de melhoria e recomendações para melhorar o fluxo produtivo, reduzir lead-time de produção e deixar o processo mais enxuto.

A empresa se dispôs a realizar este estudo, visto que a implementação do *Lean* era um anseio da Diretoria, pois frente às mudanças no mercado e principalmente devido à crise econômica que assola o país, julgava fundamental a melhoria da produção, a redução de desperdícios, custos e do *lead-time*. Mas, como as outras

empresas, possuía dificuldade em visualizar como aplicar este sistema de manufatura enxuta em seu ambiente produtivo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Definição de *Engineer-to-Order*

Classificam-se em quatro os tipos de sistemas produtivos, que se diferenciam pelo nível de envolvimento e participação dos clientes na definição do produto, sendo estes: *Make-to-Stock* (MTS), *Assemble-to-Order* (ATO), *Make-to-Order* (MTO) e *Engineer-to-Order* (ETO) (PIRES, 1995).

O sistema *Make-to-Stock* se caracteriza pela produção para estoque, de produtos padronizados, e baseando-se principalmente em previsões de demanda. No MTS a participação do cliente final no desenvolvimento do produto é inexistente ou pequena. Analogamente ao sistema supracitado no *Assemble-to-Order* também há produção para estoque, mas de subconjuntos e componentes, que ficam armazenados até a confirmação com o pedido do cliente. Desta forma, os produtos são montados de acordo com as especificações do cliente, que possui uma influencia limitada no projeto, visto que este pode escolher entre uma gama restrita de customizações (PAOLI; ANDRADE, 2014).

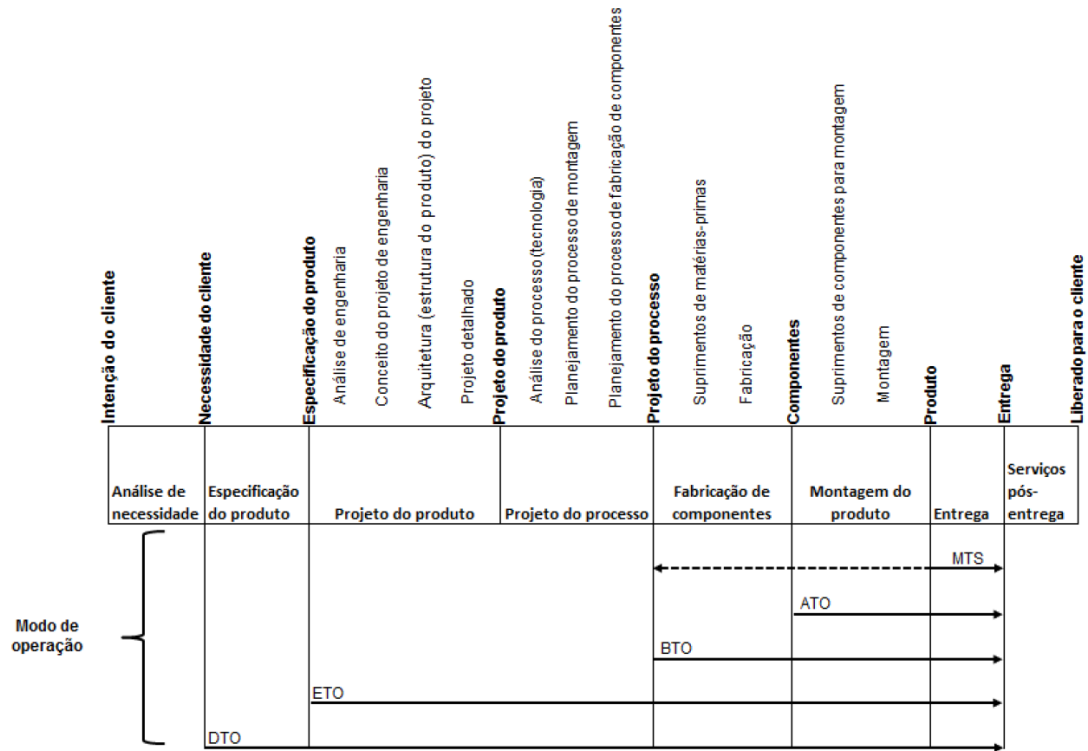
Diferentemente dos dois primeiros sistemas no *Make-to-Order* a influencia do cliente no desenvolvimento do projeto é extensiva, este define algumas especificações do produto, por isso como o produto é único, a manufatura somente se inicia mediante formalização do pedido (WILLNER; POWELL, 2014).

O *Engineer-to-Order* (ETO) é uma extensão do MTO, nesse sistema o cliente possui um elevado nível de interferência no projeto, pois o produto baseia-se quase em sua totalidade nas suas especificações. Este ambiente se caracteriza tipicamente por apresentar baixos volumes de produção e elevada variedade de produtos únicos (RAUCH, 2015). Conforme descrito anteriormente, devido ao envolvimento do cliente, o design e as funcionalidades do produto são projetados de acordo com as suas necessidades (PIRES, 2004). Sendo assim esta é uma das grandes vantagens deste sistema, mas pelo elevado nível de customização e pela dificuldade de padronização dos processos os custos de fabricação são elevados (SAIA, 2013).

A estratégia deste tipo de sistema é somente iniciar a execução do desenvolvimento, projeto, compra de matéria prima e produção após confirmação do pedido (POWELL; STRANDHAGEN, 2014).

A Figura 1 apresenta o fluxo dos processos em cada um dos diferentes sistemas produtivos.

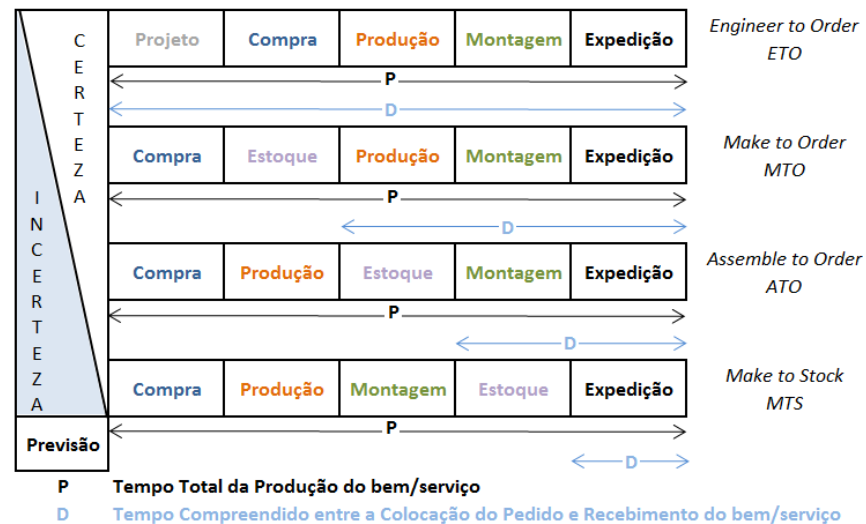
FIGURA 1 – DIFERENTES SISTEMAS PRODUTIVOS NAS EMPRESAS.



FONTE: CHEN 2006, APUD MARINHO, 2017.

As características de cada um dos quatro sistemas, principalmente do nível de envolvimento dos clientes e de customização do produto, influenciam diretamente o *lead time* de entrega. A Figura 2 apresenta a comparação entre o tempo total de produção com o *lead time* de entrega, que consiste no tempo total entre a confirmação do pedido do cliente e a entrega do produto (SAIA, 2013).

FIGURA 2 - COMPARAÇÃO ENTRE O LEAD TIME DE ENTREGA E O TEMPO PRODUÇÃO.



FONTE: ADAPTADO SAIA, 2013.

Através da Figura 2 pode-se concluir que na produção ETO o *lead time* de entrega é aproximadamente o tempo de produção do produto, diferentemente do MTS no qual razão entre os tempos é muito inferior.

## 2.2 Programação da Produção Aplicada à ETO

As estratégias de controle da produção dependem diretamente do tipo de sistema que está sendo controlado. Assim sendo, o controle da produção de uma indústria ETO não é trivial, para tal deve-se considerar a necessidade de administrar três aspectos principais:

- Dinamismo;
- Incerteza;
- Complexidade.

Entende-se por dinamismo a necessidade de lidar com as altas variações no mix e nos volumes das vendas a curto e médio prazo (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

O segundo aspecto é a diferença entre a informação disponível na empresa e a informação necessária pra executar uma atividade. Esta incerteza abrange tanto as especificações do produto, quanto o mix e o volume da demanda. Além disto, há a incerteza no processo, como o produto é único, existe um alto grau de dificuldade de estimar os recursos necessários para fabricação (GALBRAITH, 1973).

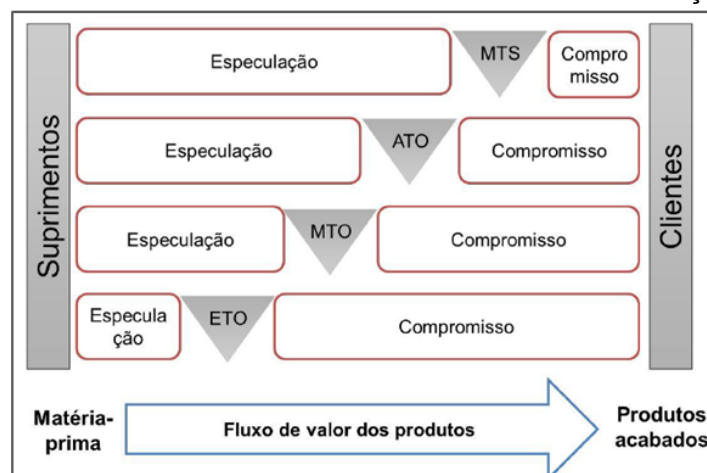


Por fim, o terceiro aspecto é a complexidade, que se deve ao fluxo e dos bens, o caráter multi projeto da situação e a estrutura do produto. O controle do fluxo dos bens é complexo, pois cada produto possui uma sequência de produção diferente e há uma grande variação nos tempos de processamento. As empresas ETO devem lidar com o fator multi, ou seja, administrar projetos com diversos níveis de complexidade e projetos em andamento em diferentes estágios. Mas a complexidade também se deve a estrutura do produto que pode consistir de milhares de peças de um cliente específico e basicamente único. Isso significa que materiais específicos podem ter que ser adquiridos especialmente para um projeto (SAIA, 2013).

Para ter um controle e planejamento da produção eficaz, estas características específicas devem ser atendidas. Nesse sistema produtivo os projetos somente são iniciados com a confirmação do pedido, ou seja, neste sistema o fluxo produtivo é direcionado a partir das informações fornecidas pelos clientes (BERTRAND; MUNTSLAG,1993). Assim sendo, a maior parte das atividades são realizadas após a chegada da ordem do cliente, diferentemente de outros sistemas, os quais são baseados em especulações e previsões (RUDBER; WINKER, 2004).

Portanto, pode-se classificar as atividades em dois grupos, um no qual os fluxos de material e de informação são baseados em previsões e outro que é baseado nos pedidos confirmados. O momento onde ocorre a distinção destas atividades chama-se “*Customer order decoupling point*” (CODP) (POWELL; STRANDHAGEN, 2014). A Figura 3 ilustra a posição do CODP para cada uma das quatro principais estratégias de produção.

FIGURA 3 - CODP PARA CADA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO.



FONTE: SAIA, 2013.

Analisando as Figuras 2 e 3 fica evidente que o CODP no *Make-to-Stock* se localiza no estágio da expedição, no *Assemble-to-Order* encontra-se no estágio final de montagem. No *Make-to-Order* o *decoupling point* está no estágio de produção, enquanto no *Engineer-to-Order* pode ser observado na etapa do projeto (GOSLING; NAIM, 2009).

Faz-se necessária esta distinção, porque o *lead time* de produção deve ser correspondente à expectativa do cliente (RUDBER; WINKER, 2004). Ou seja, a cada dia os consumidores estão demandando produtos mais customizados e com menor *lead time* de entrega. Na ETO faz-se necessário alterar o CODP para a direita, mais próximo do mercado e dos clientes. Tendo isto em vista, a administração do tempo torna-se um fator essencial (POWELL; STRANDHAGEN; 2014).

Portanto ao planejar e controlar a produção e os prazos, o PCP exerce um papel de extrema importância que impacta diretamente o desempenho e a competitividade da empresa (GRABENSTETTER; USHER, 2014 APUD SAIA, 2013). Entretanto, este sistema produtivo é desprovido de um processo específico de controle e planejamento da produção. Desta forma, o processo do PCP consiste em tomar decisões mal informadas baseando-se em softwares com recursos limitados e superficiais (ADRODEGARI; BACCHETTI, 2013).

A necessidade de adaptação às ferramentas dos softwares existentes resulta em um fraco suporte as necessidades da empresa, dificuldades de comunicação e de integração entre os outros softwares. Desta maneira, pode-se dizer que métodos consagrados de gestão de prazo não proporcionam os mesmos benefícios que em outros ambientes produtivos (GOSLING; NAIM, 2009). Nakayama e Spinola (2015) não conseguiram evidenciar a implantação com sucesso do MRP e do MRP II na produção ETO. Além disto, segundo Little et al. (2000) existe a falta de programas para o monitoramento das atividades e inadequação do plano mestre neste tipo de empresas.

Ademais de ter que se adaptar aos sistemas de informação, o PCP de empresas ETO também deve se adequar aos modelos de negócio e de gestão desenvolvidos para outros setores (GOSLING; NAIM, 2009).

Frente a estas dificuldades, ao selecionar um sistema de informação as empresas devem considerar uma lista principais áreas alvo e uma metodologia sob medida (ADRODEGARI; BACCHETTI, 2013). Além disto, um processo adequado para o controle e planejamento em uma empresa ETO consiste de seis

subprocessos (LITTLE ET AL., 2000). Partindo da configuração do produto, gestão do projeto e planejamento do projeto. Seguindo para produção mestre, gestão do chão de fábrica e o cronograma de montagem, providenciando assim um ponto de referência adequado para definição das principais atividades requeridas.

### *2.3 Dificuldades e Características do Sistema Engineer-to-Order*

O ambiente produtivo ETO se caracteriza principalmente pelos baixos volumes de produção, o que faz com que o ciclo de produção seja bem peculiar. Como principais características deste sistema produtivo, ressaltam-se:

- Impossibilidade de prever a demanda;
- Despadronização dos processos;
- Modificações constantes do produto;
- Elevado grau de dependência humana;
- Fluxo produtivo diferenciado

A impossibilidade de prever a demanda com precisão deve-se as incertezas, flutuações no mix e de volume e o dinamismo. (BERKEL, 2010). Além disto, os produtos são altamente específicos, o que impede a formação de estoques intermediários ou de produto acabado e ademais os processos geralmente não se repetem, ou seja, conseqüentemente resulta em um longo *lead time* de produção (BERKEL, 2010). Devido a esta despadronização não é possível aplicar com eficácia métodos de produção em lotes. Portanto, conforme citado anteriormente, o controle da produção neste ambiente e a aplicação do *Lean* se torna muito complexo (POWELL; STRANDHAGEN, 2014).

Outro aspecto comum desta estratégia de produção é o fato dos clientes alterarem as características e requisitos do produto durante a etapa de fabricação do item. Portanto, isto requer extrema agilidade por parte da empresa e a capacidade de lidar com estas modificações torna-se um requisito necessário para seu o sucesso (LITTLE ET AL., 2000). Por isso, Gosling e Naim (2009, p. 747) consideram a flexibilidade como um fator crucial nas empresas ETO, principalmente o que diz respeito a administrar as flutuações nos volumes e mix da demanda.

Frente a todas estas características o ciclo de produção deste ambiente também é particular, o qual inicia-se com a venda do produto, que em seguida é

projetada e fabricada. O ciclo produtivo inicia com uma solicitação de um produto por um cliente. Esta solicitação é então encaminhada para o setor responsável desenvolver a engenharia simplificada (BERNARDI; WALTER, 1998, APUD SAIA, 2013). Em função dos requisitos do cliente são definidos o tempo de produção, custos e especificações do produto/serviço a ser entregue. Uma vez aprovado o orçamento, o setor de Engenharia recebe as informações do produto, a partir disto, elabora o projeto detalhado com as especificações do processo e fornece os requisitos necessários dos materiais e peças necessárias. Em seguida, os pedidos de compra das matérias primas e ferramentas são disparados, uma vez fornecidos todos os insumos, a produção realiza o processo de manufatura (CARON; FIORE, 1995).

O desenvolvimento do projeto e das especificações é considerado uma etapa crítica do processo, pois frequentemente é necessária a aprovação do cliente, desta forma o desenvolvimento e o cronograma das etapas seguintes são impactados pela agilidade e qualidade destas informações (WALTER; REIS, 1996, APUD SAIA, 2013). Nesta etapa, também serão definidas as atividades posteriores, ou seja, qual a rota que o produto irá seguir pelo fluxo de processos. Por isto, a Engenharia possui um papel de extrema importância dentro do sistema de produção ETO (SAIA, 2013).

Entretanto a atividade desempenhada pela Engenharia pode ser considerada praticamente artesanal, como varia em função de cada projeto de produtos desenvolvido, torna-se assim altamente ineficiente (WALTER; REIS, 1996, APUD SAIA, 2013). Em razão disto durante a fabricação dos itens pode-se evidenciar que algumas definições da Engenharia não são adequadas, compatíveis com a produção ou suficientemente detalhadas. Ademais, o chão de fábrica ainda tem que lidar com as mudanças frequentes no planejamento e no cronograma de entrega (BLEVINS, 2004, APUD SAIA, 2013)

Outra dificuldade que este tipo de produção enfrenta, conforme destacado por Bertrand e Muntslag (1993, p. 15) alto grau de dependência humana apresentado no ambiente ETO, dado que as soluções de problemas dependem totalmente da experiência dos funcionários.

Todas estas dificuldades descritas reforçam a necessidade de desenvolver um método de controle e sistemas de informação adequados a este ambiente de

produção, que permita a automação das atividades na produção (ADRODEGARI; BACCHETTI, 2013).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Revisão das Ferramentas do Lean

Este estudo tem como objetivo utilizar ferramentas *lean* para mapear a produção de uma empresa estudo de caso com ambiente *engineer-to-order*, para tal faz-se necessário primeiramente revisar estas ferramentas. Segundo Moreira (2011, p.32) são dez as ferramentas que fazem parte do sistema *lean*, sendo estas:

- Mapeamento do fluxo de valor (MFV);
- 5S;
- Heijunka;
- Single Minute Exchange of Die (SMED);
- Poka-Yoke;
- Kanban;
- Total Productive Maintenance (TPM);
- Kaisen;
- Gestão visual - Andon SW;
- Total Quality Management (TQM).

O mapeamento do fluxo de valor visa representar, de uma maneira visual, todas as etapas envolvidas nos fluxos de informação e de material desde o fornecedor até o cliente, identificando as atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor do produto. Esta ferramenta é fundamental para identificar os desperdícios ao longo do processo (MOREIRA, 2011).

O 5S é muito utilizado no processo de implementação do *lean* e possui como objetivo melhorar o ambiente de trabalho, a qualidade dos produtos, aumentar a segurança durante o trabalho, otimizar espaço, reduzir gastos e desperdícios. Esta sigla deriva de cinco palavras japonesas *Seiri* (separar), *Seiton* (arrumar), *Seison* (limpar), *Seiketsu* (normalizar) e *Shitsuke* (manutenção) (CRUZ, 2013).

A palavra *heijunka* em japonês significa “programação nivelada”, como a própria definição da palavra indica, esta ferramenta relaciona-se com a programação

da produção. O *heijunka* visa amenizar as irregularidades na produção causadas pela fabricação de pequenos lotes de vários modelos diferentes na mesma linha, utilizado em conjunto com outras ferramentas garante um fluxo contínuo de produção. Além disto, assegura o nivelamento dos recursos de produção, trazendo a estabilidade para o processo de produção. Ou seja, o *heijunka* nivela a carga das linhas de produção, misturando a ordem com que os produtos são produzidos, facilitando a padronização do trabalho e proporcionando estabilidade ao processo (COLEMAN;REZA, 1994).

O SMED (*Single Minute Exchange of Die*), também conhecido como *Quick Changeover*, permite trocar de forma rápida e eficiente o produto em uma linha de produtiva. Esta técnica que proporciona a troca rápida de ferramentas está cada vez mais sendo implementada nas empresas, visto que proporcionam maior flexibilidade para atender as mudanças do mercado e redução no tempo de *setup* e nos custos (CRUZ, 2013).

O conceito do *poka-yoke* foi desenvolvido por Shigeo Shingo em 1961 enquanto trabalhava com engenheiro na Toyota Motor Corporation. Este mecanismo torna o processo à prova de erro, impedido que os defeitos ocorram e quando isto não for possível os *poka-yokes* são utilizados como dispositivos de detecção para identificar o erro o mais cedo possível (MOREIRA, 2011).

O *Kanban* melhora a produtividade da empresa e reduz desperdícios na produção. A palavra *Kanban* também vem do japonês e significa registro visível, ou seja, este sistema relaciona-se a um tipo de “alerta” ou “sinal visual” o qual são os cartões de *Kanban*. Através destes cartões, elimina-se a burocracia e auxilia as atividades de gerenciamento da produção, pois coordena o trabalho, definindo o que se deve produzir, como produzi-lo e onde deve ser entregue. Além disto, esta é a ferramenta do Sistema *lean* que proporciona alcançar um nível mínimo de estoque, pois os cartões em circulação limitam a quantidade de material em processo (RAHMAN ET AL., 2013).

O *Total Productive Maintenance* (TPM), também busca garantir a qualidade e reduzir os desperdícios, os custos e número de paradas não programadas para manutenção. Introduzido em 1988 por Nakajima, O TPM busca utilizar a capacidade máxima disponível das máquinas, através do desenvolvimento manutenções preventivas de planos de trabalho das máquinas, onde constam as horas de

funcionamento as paradas programadas para as manutenções (FIRMINO, 2002, APUD MOREIRA, 2011).

Segundo Cruz (2013, p. 28) um dos pilares da filosofia *lean*, o *kaisen* é um termo japonês que significa melhoria contínua. O *kaisen* busca o aumento de produtividade, eliminando de forma gradual e contínua os desperdícios. Para tal esta ferramenta engloba várias técnicas de melhoria e faz a ligação entre elas. De forma geral, pode-se resumir o *kaisen* em dez princípios, sendo eles:

- Rejeitar o estado atual das coisas;
- Não explique o que não pode ser feito, reflita como fazê-lo;
- Boas propostas de melhoria devem ser realizadas imediatamente;
- Não busque a perfeição, melhor ganhar 60% de imediato;
- Corrigir o erro de imediato;
- Buscar na dificuldade ideias;
- Primeiro buscar a causa raiz e depois a solução, sempre respeitando os “5 Porquês?”;
- Considerar as ideias de 10 pessoas ao invés de esperar uma ideia genial de 1 pessoa;
- Experimentar e depois validar;
- A melhoria é infinita.

A técnica de gestão visual ou *andon* tem por objetivo mostrar o status da produção, de uma maneira visual, a toda empresa e se houver um problema ou defeito sinalizá-lo para poder resolvê-lo imediatamente. Através da gestão visual, também é possível reduzir os desperdícios, pois esta ferramenta torna o posto de trabalho mais intuitivo e simples (KAMADA, 2009).

O princípio do *Total Quality Management* (TQM) é de difundir o conceito de qualidade à todas as pessoas dentro da organização, a empresa inteira deve estar focada em atingir a qualidade nos processos. Diversos pesquisadores afirmam que o TQM possui um impacto positivo na satisfação do cliente, no faturamento e na qualidade do produto. Aliado a outras ferramentas, o TQM, possui um papel importante na gestão da qualidade, alguns exemplos destas ferramentas são: o diagrama de Ishikawa, o benchmarking e a análise de Pareto (BOALATAN ET AL., 2016).

Durante o estudo de caso algumas destas dez ferramentas foram utilizadas durante a etapa de identificação de desperdícios e também nas recomendações fornecidas à empresa.

### 3.2 Objeto de Estudo

Para selecionar a peça que seria o objeto de estudo, primeiramente classificaram-se os clientes da empresa em A, B e C. Dentre os que ficaram na classificação A, escolheu-se o que representa a maior fatia de faturamento. Em seguida analisaram-se as peças fornecidas para o cliente em questão e optou-se por estudar o produto “X” visto que este representa a maior demanda e maior número de entregas por mês.

Esta peça possui uma grande importância na produção do cliente, portanto não pode haver falta na linha de montagem, por isto, as entregas são semanais. Mas existe um problema, o Setor PCP do cliente somente confirma a programação com poucos dias de antecedência, conseqüentemente não há margem para possíveis atrasos, retrabalhos ou imprevistos. Visto a importância deste cliente para a empresa e as dificuldades supracitadas, a redução do *lead-time* é de extrema importância. Por isto, existe uma real necessidade da empresa em desenvolver de estudo para aplicação das ferramentas *Lean* e conseqüentemente reduzir o tempo de produto em processo.

### 3.3 Procedimentos de Coleta de Dados e Análise de Dados

Uma vez definido o objeto de estudo, acompanharam-se três diferentes lotes de fabricação da peça nas etapas desde a confirmação do pedido, chegada da matéria prima até a expedição final. Durante cada uma das etapas determinou-se o tempo de *setup*, de produção e o de espera. Com os dados coletados elaborou-se um mapa de fluxo de valor e em seguida um diagrama espinha de peixe. Na sequência foram realizadas entrevistas individuais com os funcionários dos postos estudados e os líderes dos respectivos setores visando compreender os problemas enfrentados e os principais motivos dos resultados encontrados.



## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1 Empresa Estudo de Caso

A empresa estudo de caso escolhida é de médio porte e pertence ao ramo metal-mecânico, esta fornece soluções no processamento de chapas aos mais diversos setores da indústria.

A empresa não é responsável pelo desenvolvimento do produto, somente por sua manufatura. O fluxo de processo é *Engineer to order* e inicia-se com a solicitação de orçamento do cliente ao setor comercial, neste momento são informados alguns dados, especificações e enviados os desenhos dos itens. O pedido de orçamento é então encaminhado ao setor de orçamentos para verificar se há capacidade de produção, caso seja possível realiza-se o orçamento. Durante a elaboração do orçamento, são estimados os custos de fabricação e o *lead-time* de produção, em seguida, a proposta é enviada ao cliente.

Depois de confirmado o pedido, o PCP abre uma ordem de serviço e a encaminha ao setor de engenharia para o detalhamento do processo. Finalizada a estrutura e as instruções de produção o PCP libera os itens para fabricação, programa a produção de acordo com a data de entrega negociada com o cliente e os recursos disponíveis. Importante ressaltar que somente após a confirmação do pedido que a matéria prima é solicitada, desta forma, não se trabalha com estoques. Uma vez que todos os insumos tenham sido recebidos, inicia-se o processo de fabricação.

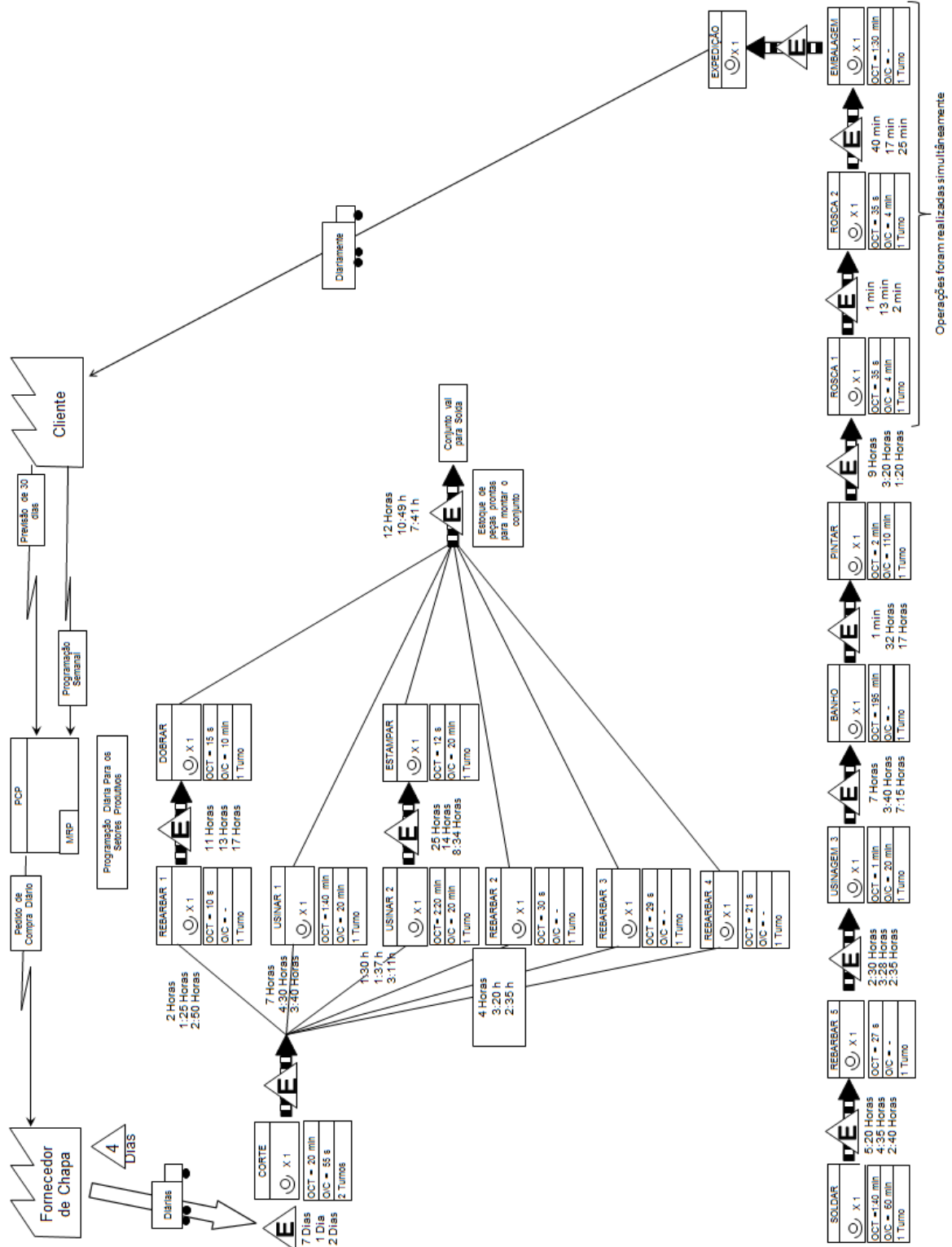
Os clientes da empresa estão divididos nas mais diferentes áreas de atuação, estes possuem diferentes necessidades e precisam de itens personalizados. Conseqüentemente, como as peças produzidas são únicas há uma grande variação de mix e volume. Alguns clientes trabalham com projetos, desta forma solicitam peças somente uma vez. Outros, já preferem terceirizar a produção, por isto possuem itens contínuos que periodicamente são solicitados. Diante deste cenário, diariamente circulam no chão de fábrica aproximadamente 1.000 itens diferentes distribuídos em 900 ordens de serviço. Para tal, a empresa conta com um quadro de 200 funcionários e com processos de engenharia, corte, dobra, usinagem, solda, pintura, montagem e embalagem.

Dentre todos os itens fabricados, escolheu-se o produto “X” para ser analisado, sendo este um conjunto formado por seis peças diferentes ( $X_{01}$ ,  $X_{02}$ ,  $X_{03}$ ,  $X_{04}$ ,  $X_{05}$  e  $X_{06}$ ). O processo inicia-se no corte a laser das seis peças, em seguida quatro delas ( $X_{01}$ ,  $X_{04}$ ,  $X_{05}$  e  $X_{06}$ ) continuam para o acabamento com lixa, removendo qualquer rebarba resultante do processo anterior. Finalizado isto, as peças  $X_{04}$ ,  $X_{05}$  e  $X_{06}$  estão prontas e a  $X_{01}$  segue para dobra. Os componentes restantes ( $X_{02}$ ,  $X_{03}$ ) são encaminhados para usinagem, e em seguida a peça  $X_{03}$  será estampada. Finalizadas todas as etapas individuais, o conjunto formado é soldado e em seguida passa por mais seis etapas - rebarba, usinagem, tratamento superficial, pintura e duas roscas - até chegar na embalagem.

#### *4.2 Mapa de Fluxo de Valor (MFV)*

Para poder aplicar as ferramentas *Lean* e definir as sugestões de melhoria, estudou-se o processo produtivo, com foco em cada um dos subprocessos e etapas e produção. A análise dos desperdícios, durante a fabricação e nos tempos de processamento, baseou-se no mapa de fluxo de valor (MFV) atual, o qual foi realizado acompanhando a produção de três lotes diferentes. Durante o processo de mapeamento, foram identificados alguns desperdícios e processos que não agregam valor ao produto. A Figura 4 apresenta o MFV atual desenvolvido.

FIGURA 4 - MAPA DE FLUXO DE VALOR DA PRODUÇÃO DA PEÇA “X”.



FONTE: A AUTORA, 2017.

O mapa de fluxo de valor possibilitou calcular o tempo total de processamento de uma peça e o tempo total de espera, 213 minutos e 4616 minutos respectivamente. Ao analisar os tempos de processamento das peças conclui-se que houve pouca variação ente os três lotes e no geral estão bem otimizados. Desta forma, o fator que possui maior impacto no *lead time* é o tempo de espera entre as etapas, por isto, este será o foco dos estudos. A partir do MFV identificaram-se os processos que possuíam um alto tempo de espera se comparados aos outros e principalmente em relação ao tempo de processamento da peça em produção. Estes setores e os seus respectivos tempos encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - TEMPO DE ESPERA E DE PROCESSAMENTO NOS PROCESSOS.

	Tempo de Espera (min)	Tempo de Processamento (min)
Dobra	847	0,25
Estamparia	1.003	0,20
Solda	617	1,67
Tratamento Superficial	420	195
Pintura	1.470	2,00

FONTE: A AUTORA, 2017.

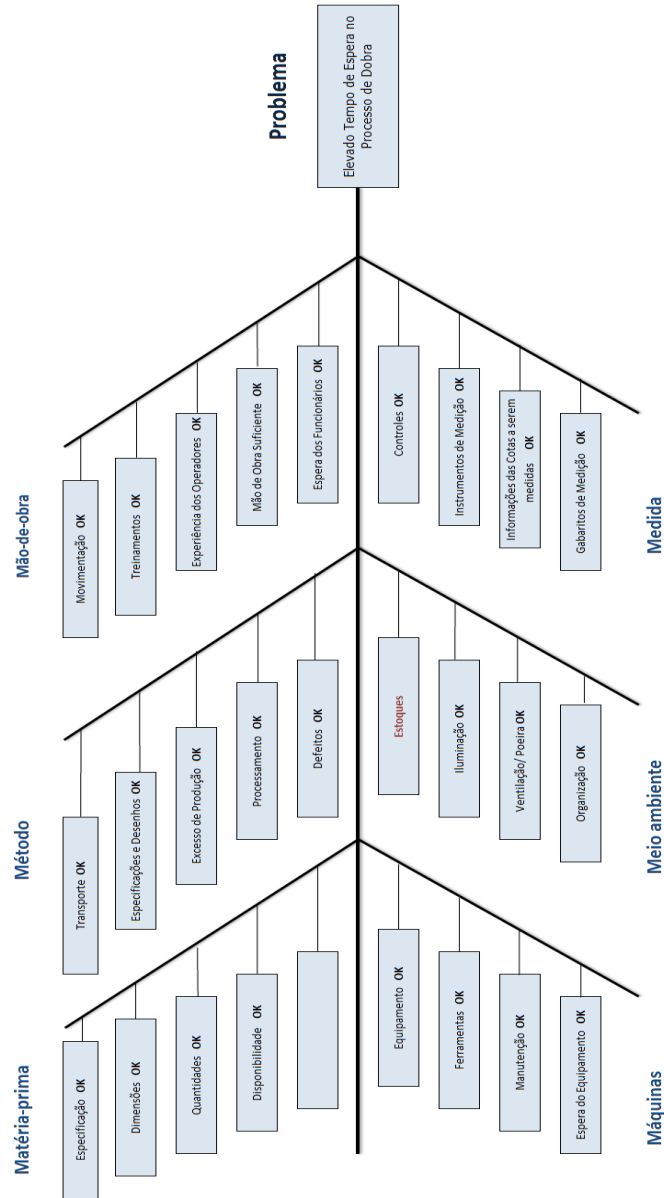
Através dos dados apresentados na Tabela 1, fica evidente a discrepância entre o tempo de espera das peças e o tempo de processamento. Diferentemente do resultado que se esperava antes do início do estudo, as peças são produzidas em segundos e a produção está relativamente otimizada, mas ficam na fila aguardando para serem processadas durante horas. Portanto, compreender estes valores tornou-se o foco do estudo na etapa seguinte.

#### 4.3 Diagrama de Ishikawa

Identificados os setores que apresentam os maiores desperdícios, levantaram-se os principais problemas e as causas-raízes da espera. Para tal, utilizou-se um diagrama Ishikawa relacionando-o com os sete desperdícios da produção enxuta. O processo de aplicação das ferramentas foi conduzido através de entrevistas com os operadores, líderes dos setores, observação das atividades e *brainstorming*. Após identificação das possíveis causas, verificou-se cada uma na rotina de operação. As hipóteses descartadas apresentam um “Ok” no diagrama.

Enquanto as causas raízes identificadas aparecem em vermelho negrito. Os resultados da aplicação do diagrama de causa e efeito estão representados nas Figuras 5.

FIGURA 5 - ANÁLISE DE CAUSA NO SETOR DE DOBRA ATRAVÉS DO DIAGRAMA ISHIKAWA.



FONTE: A AUTORA, 2017.

A Figura 5 apresenta o diagrama de Ishikawa para o setor de dobra, o mesmo procedimento foi realizado para os outros setores. Os resultados obtidos nos processos de estamparia, solda, tratamento superficial e pintura encontram-se no

Quadro 1, analogamente a Figura 5 as causas raízes identificadas aparecem em vermelho negrito.

QUADRO 1 - RESULTADOS DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.

Setor	Matéria Prima	Método	Mão de Obra	Máquinas	Meio Ambiente	Medida
Estamparia	Especificação	Transporte	Movimentação	Equipamento	<b>Estoques</b>	Controles
	Dimensões	Especificações e Desenhos	Treinamentos	Ferramentas	Iluminação	Instrumentos de Medição
	Quantidades	Excesso de Produção	Experiência dos Operadores	Manutenção	Ventilação/ Poeira	
	Disponibilidade	Processamento	<b>Funcionários</b>	Espera do Equipamento	Organização	Informações das Cotas a serem medidas
	Defeitos	Espera dos Funcionários				
Solda	Especificação	<b>Transporte</b>	<b>Movimentação</b>	Equipamento	Estoques	Controles
	Dimensões	Especificações e Desenhos	Treinamentos	Ferramentas	Iluminação	Instrumentos de Medição
	Quantidades	Excesso de Produção	Experiência dos Operadores	Manutenção	Ventilação/ Poeira	
	Disponibilidade	<b>Processamento</b>	Mão de Obra Suficiente	<b>Espera do Equipamento</b>		Organização
	<b>Defeitos</b>	Espera dos Funcionários				
Tratamento Superficial	Especificação	Transporte	Movimentação	Equipamento	<b>Estoques</b>	Controles
	Dimensões	Especificações e Desenhos	Treinamentos	Ferramentas	Iluminação	Instrumentos de Medição
	Quantidades	Excesso de Produção	Experiência dos Operadores	Manutenção	Ventilação/ Poeira	
	Disponibilidade	Processamento	Mão de Obra Suficiente	Espera do Equipamento		Organização
	Defeitos	Espera dos Funcionários				
Pintura	Especificação	Transporte	<b>Movimentação</b>	Equipamento	<b>Estoques</b>	Controle da Camada
	Dimensões	Especificações e Desenhos	Treinamentos	Ferramentas	Iluminação	Instrumentos de Medição
	Quantidade de Tinta	Excesso de Produção	Experiência dos Operadores	Manutenção	Ventilação	
	Disponibilidade de Filtro	Processamento	Mão de Obra Suficiente	<b>Espera do Equipamento</b>	Poeira	Informações da camada a ser medida
	<b>Defeitos</b>	Espera dos Funcionários	Testes			

FONTE: A AUTORA, 2017.

As causas raízes apresentadas na Figura 5 e no Quadro 1 foram desdobradas no Quadro 2, para melhor compreender a situação atual.

QUADRO 2 – ANÁLISE DE CAUSA DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.

Setor	Causa Primária	Causa Secundária		Informação Detalhada
Dobra	1. Meio Ambiente	1.1	Estoque de produto	1.1.1 O estoque de produto em processo é formado, visto que para cada uma das peças a ser dobrada deve-se fazer um setup diferente. Demorando mais tempo que da produção do lote.
Estamparia	1. Máquina	1.1	Espera da Máquina	1.1.1 Máquinas ociosas, que ficam sem operador durante a jornada de trabalho. Devido à mão de obra insuficiente no setor.
	2. Mão de Obra	2.1	Funcionários	
Solda		1.1	Transporte	1.1.1 Peças que apresentam defeitos/imperfeições na solda devem levadas para retrabalho, que fica distante deste setor.
		1.2	Processamento	1.2.1 Falta de instrução de trabalho adequada de onde posicionar corretamente o gabarito de solda no robô, fazendo que o tempo de setup seja 1 hora.
		1.3	Defeitos	1.3.1 Falhas no cordão de solda, deslocamento, dentre outros.
	2. Máquina	2.1	Espera da Máquina	2.1.1 A máquina fica ociosa quando o operador tem que redirecioná-las para retrabalho.
	3. Mão de Obra	3.1	Movimentação	3.1.1 Movimentação dos operadores para redirecionar as peças para retrabalho
Tratamento Superficial	1. Meio Ambiente	1.1	Estoque de produto	1.1.1 O setor seguinte é o gargalo, o qual dita o ritmo de produção do tratamento, por isso as peças ficam estocadas esperando.
Pintura	1. Método	1.1	Defeitos	1.1.1 Peças com defeito devem ser retrabalhadas
	2. Máquina	2.1	Espera da Máquina	2.1.1 Cabine fica ociosa durante a troca de tinta, visto que o setup é 1h50
	3. Meio Ambiente	3.1	Estoques	3.1.1 Nesta etapa é feita a modularização por cor, assim itens ficam esperando outros da mesma cor para pintar.

FONTE: A AUTORA, 2017.

#### 4.4 Recomendações

Durante o período de coleta de dados e acompanhamento dos lotes produzidos ficaram evidentes os desperdícios na produção. Além dos longos tempos de espera pode-se perceber um problema de processamento, ou seja, existe no processo uma etapa desnecessária que não agrega valor algum ao produto. Observou-se que a peça passava por uma operação de furação, seguida por uma rosca. Porém ao chegar à montagem a rosca era repassada, para retirar toda a tinta acumulada que a obstruía. Desta forma, recomenda-se que o processo de rosca seja realizado somente após a pintura da peça, reduzindo o tempo da operação de furação pela metade.

Através da análise de causa do diagrama de Ishikawa apresentado no QUADRO 2, pode-se compreender melhor as causas dos problemas identificados no MFV e assim propor soluções e recomendações específicas para cada um dos setores. No setor de dobra, a principal dificuldade se deve a constante troca de ferramentas entre os lotes, fazendo com que existam muitos *setups* durante o dia, para tal aconselha-se que o gestor do setor faça a modularização da produção. A modularização segundo Powell et al. (2014, p. 574) é um dos novos princípios para alcançar o ideal *lean* em uma empresa ETO, tendo como uma de suas maiores vantagens a padronização da produção em massa – baixo custo associado a altos volumes. Portanto, ao juntar os lotes que possuem o mesmo tipo de dobra ou utilizam a mesma ferramenta evita-se o elevado número de setups por dia, conseqüentemente aumentando a produção e reduzindo o tempo de espera.

Percebeu-se no setor de solda que durante o preparo da máquina a maior parte do tempo é desprendida somente para posicionar corretamente o gabarito, sendo este o principal motivo do *setup* demorar uma hora. Após o correto posicionamento, o tempo para regulagem do robô é apenas 10 minutos. Com estes dados, realizaram-se entrevistas particulares com cada um dos operadores, para compreender as dificuldades ao colocar o gabarito. Estes esclareceram que não há uma instrução indicando a posição que o gabarito deve ser fixado na mesa suporte, por isso colocam os gabaritos nas posições por tentativa e erro. Para solucionar os problemas identificados no setor de solda, aconselha-se a aplicação do 5S. Esta ferramenta segundo Choomlucksana et al. (2015, p. 105) auxilia a organizar o local de trabalho e a aumentar a padronização através de um procedimento, o que permite maior eficiência e segurança durante as operações. Portanto, padronizar o processo de *setup* do gabarito do robô de solda, elaborar um procedimento e treinar o operador irá reduzir o este tempo de significativamente. Este procedimento além de solucionar o longo tempo de preparo da máquina, reduzirá as não conformidades, pois ao posicionar corretamente o gabarito não ocorrerão mais problemas de deslocamento de solda, falta de aderência, dentre outros. Outra situação frequentemente observada no setor é a movimentação do operador, com as peças não conformes. Isto ocorre, pois as peças defeituosas são segregadas e por ele encaminhadas à solda manual, onde os retrabalhos serão realizados. A ferramenta 5S também irá auxiliar este problema, pois melhorará a organização do posto de trabalho, o qual uma vez bem identificado e organizado possibilitará que um auxiliar



ou um funcionário da central de distribuição possa coletar as peças e encaminhá-las para o retrabalho. Não havendo mais necessidade do operador do robô de solda se ausentar do setor e a máquina não ficará mais ociosa e haverá um aumento na produtividade.

O principal motivo pelo atraso na pintura é o elevado tempo de *setup* da linha, pois entre uma cor e outra a cabine deve ser completamente higienizada e limpa para evitar contaminações, isto causa um longo tempo de espera, pois as peças devem ficar aguardando a troca de cor. Portanto, sugere-se montar uma linha com uma cabine em paralelo ou fazer um sistema de cabine *roll on-roll off*. Desta forma, elimina-se completamente o tempo de *setup* da linha, uma vez que se pode continuar a produção enquanto a cabine é limpa e preparada para receber outra cor de tinta. Além disto, as peças defeituosas causam um atraso significativo na linha, visto que estas devem ser retrabalhadas antes da troca de cor, o que aumenta o tempo de processamento e conseqüentemente o de espera. Portanto, ao eliminar o *setup*, reduz-se significativamente os atrasos gerados pelas não conformidades.

As ações tomadas na linha de pintura terão um impacto direto no setor de tratamento superficial. Ou seja, uma vez reduzidos os atrasos na pintura, que é o gargalo, o estoque e o tempo de espera para o tratamento também serão reduzidos.

## 5. CONCLUSÕES

Aplicou-se o *lean* com uma abordagem diferente, contornando as peculiaridades e obstáculos do sistema produtivo ETO, para tal utilizaram-se as ferramentas de uma forma holística para mapear a produção de um produto.

Através das ferramentas de mapeamento de fluxo de valor (MFV) e o diagrama de espinha de peixe pôde-se identificar atividades que não agregam valor, como a repetição do processo de rosca - na usinagem e após a pintura. Além de pontuar os desperdícios que impactavam o *lead-time*, como os longos tempos de espera dos setores de dobra, estamparia, solda, tratamento superficial e pintura. Os quais foram analisados e encontraram-se as causas raiz em cada uma destas etapas de produção o que possibilitou a identificação melhorias.

No decorrer do desenvolvimento do artigo, os dados e recomendações foram apresentados para a Diretoria da empresa, a qual implementou mudanças no processo. Uma destas foi a eliminação da etapa desnecessária de rosca, ou seja,

realizando-a apenas após a pintura conforme sugerido. Com isto, reduziu-se o tempo da operação de furação em 1 minuto por peça e de aproximadamente 4 horas por lote. Desenvolveu-se também um procedimento de padronização da instalação do gabarito do robô de solda, que solucionou as dificuldades enfrentadas pelos operadores e reduziu o tempo de setup para 15 minutos, tendo um ganho de 45 minutos por lote. As recomendações de modularização para o setor de dobra e da cabine de pintura estão em fase de estudo de custo benefício.

Desta forma, a empresa obteve uma redução de aproximadamente 5 horas - 285 minutos - por lote de produção da peça "X", obtendo uma redução de 4% no *lead-time* de produção.

Algumas das sugestões fornecidas podem se aplicar a mais itens produzidos, como por exemplo, a modularização, o 5S, a elaboração de procedimentos de instalação de gabaritos e ferramentas. Portanto, devem-se analisar as abrangências e aplicar as mesmas recomendações, mas é importante ressaltar que outras peças produzidas poderão apresentar problemas diferentes dos identificados neste trabalho, por isso, deve-se realizar este mesmo estudo em um maior número de produtos. Tendo em vista que, somente realizar alterações na produção de um item não trarão reduções significativas para a empresa.

Através deste estudo pode-se perceber que é possível aplicar o *lean* em ambientes ETO, mas deve-se primeiramente compreender a filosofia deste sistema e não aplicá-lo de uma forma "pronta". Utilizar as ferramentas com esta abordagem diferente pode trazer ganhos de produtividade e redução do *lead-time* sem a necessidade de um investimento elevado ou a substituição dos equipamentos por uma tecnologia inovadora, conforme citado por Choomlucksana et al. (2015, p. 107).

## REFERÊNCIAS

ADRODEGARI, F., BACCHETTI, A., SICCO, A., PIROLA, F., PINTO, R. **One-of-a-Kind Production (OKP) planning and control: An empirical framework for the special purpose machines industry.** IFIP Advances in Information and Communication Technology, 398 (PART 2), pp. 630-637, 2013.

BERKEL, O.V, **Production Planning and Control Method in a ETO Environment. Case Study at Bosch Rexroth,** Master Thesis of Organization and Strategy Department, Faculty of Economics and Business Administration, Tilburg University, 2010.

- BERTRAND, J.W.M, MUNTSLAG, D.R. **Production Control in Engineer-to-Order Firms**, International Journal of Production Economics, pp. 3-22, 1993.
- BOLATAN, G.I.S.; GOZLU, S.; KALPKAN, L.; ZAIM, S., **The Impact of Technology Transfer Performance on Total Quality Management and Quality Performance**, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 235, pp. 746-755, 2016.
- CARON, F.; FIORE, A, **“Engineer to Order” Companies: How to Integrate Manufacturing and Innovative Processes**, International Journal of Project Management, Vol.13, N°5, pp.31 – 319, 1995.
- CHOOMLUSCKSANAA, J., ONGSARANAKORNA M., SUKSABAIA P., **Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing**, Procedia Manufacturing, pp.102 - 107, 2015.
- COLEMAN, B JAY; VAGHEFI, M REZA., **Heijunka (?): A key to the Toyota production system**, Production and Inventory Management Journal; Alexandria Vol. 35, Iss. 4, 1994.
- Cruz N.M.P., **Implementação de ferramentas *Lean Manufacturing* no processo de injeção de plásticos**, Tese de Mestrado apresentada à Universidade do Minho Escola de Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, 2013.
- GALBRAITH, J.R., 1973. **Designing Complex Organizations**, Addison-Wesley, Reading. Van Donselaar, K.H., 1989.
- GOSLING, J.; NAIM, M.M, **Engineer-to-order Supply Chain Management: A Literature Review and Research Agenda**, International Journal Production Economics, pp.741-754, 2009.
- KAMADA, S., **Como Operar um “andon”**, Lean Institute Brasil, 2009.
- LAREAU, W. **Office Kaizen: Transforming Office Operations into a Strategic Competitive Advantage**, Milwaukee: ASQ Quality Press, 2002.
- LITTLE, D; ROLLINS, R.; PECK, M.; PORTER, J.K., **Integrated Planning and Scheduling in the Engineer-to-Order Sector**, International Journal Computer Integrated Manufacturing. Vol. 13, N°6, pp.545-554, 2000.
- MARINHO, A.L.F, **Modelo e Simulação em um Ambiente Engineer-to-Order e os efeitos dos Fatores Envolvidos no Planejamento da Produção sobre o Tempo Total de Atravessamento**, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção à Universidade Federal do Paraná, 2017.
- MOREIRA S.P.S., **Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo**, Trabalho Final de Mestrado apresentado ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, 2011.
- NAKAYAMA, R. S.; SPINOLA, M. M. **Production planning and control in small engineer-to-order companies: Understanding difficulties and pragmatic**

**approach**, Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, pp. 1449-1460, 2015.

PAOLI, F. M. de.; ANDRADE, V. F. de. S.; LUCATO, W. C. **O conceito de Lean Office aplicado a um ambiente industrial com produção ETO - Engineer-to-Order**, Exacta, Vol. 12, N°1, pp. 43-53, 2014.

PIRES, S., **Gestão Estratégica da Produção**, Editora UNIMEP, 1995.

PIRES S., **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, Estratégias Práticas e Casos - Supply Chain Management**, São Paulo: Atlas, 2004.

POWELL, D., STRANGHAGEN, J.O., TOMMELEIN, I., BALLARD,G., ROSSI, M., **A New Set of Principles for Pursuing the Lean Ideal in Engineer-to-Order Manufacturers**, Procedia CIRP 17, pp. 571 – 576, 2014.

RAHMAN, N.A.A; SHARIF, S.M; ESA, M., **Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation**, Procedia Economics and Finance, Vol. 7, pp. 174-180, 2013.

RAUCH, E; DALLASEGA, P, MATT, D.T, **Synchronization of Engineering, Manufacturing and on-site Installation in Lean ETO-Enterprises**, Procedia CIRP 37, pp.128 - 133, 2015.

RUDBERG, M.; WIKNER, J., **Mass Customization in Terms Of The Customer Order Decoupling Point**, Production Planning & Control, Vol.15, N°4, pp.445-58.

SANTOS, A.P.L. **Introdução à Engenharia de Produção**, 1ª Edição, Imprensa UFPR, Curitiba, 2011.

SAIA, R., **Proposta de classificação para a tipologia de produção Engineer to Order e definição das melhores práticas de manufatura em tais ambientes**. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção - Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

WILLNER, O.; POWELL, D.; DUCHI, A.; SCHÖNSLEBEN, P., **Globally Distributed Engineering Processes: Making the Distinction between Engineer-to-order and Make-to-order**, Procedia CIRP, Vol. 17, pp.663-668, 2014.