

## Melhoria de Processo Operacional Utilizando Mapa de Fluxo de Valor em Uma Indústria Metal-Mecânica

### Operating Process Improvement Using Value Stream Map on a Metal-Mechanics Industry

#### João Victor Giavina de Almeida Leite

Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Maringá  
E-mail: [jvgaleite@gmail.com](mailto:jvgaleite@gmail.com)

#### Syntia Lemos Cotrim

Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá  
Mestra em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá  
Professora da Universidade Estadual de Maringá  
E-mail: [slcotrim2@uem.br](mailto:slcotrim2@uem.br)

#### Gislaine Camila Lapasini Leal

Doutora em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Professora da Universidade Estadual de Maringá  
E-mail: [gclleal@uem.br](mailto:gclleal@uem.br)

#### Edwin Vladimir Cardoza Galdamez

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo  
Professor da Universidade Estadual de Maringá  
E-mail: [evcgaldamez@uem.br](mailto:evcgaldamez@uem.br)

#### Endereço: João Victor Giavina de Almeida Leite

Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 –  
Jardim Universitário – CEP: 87020-900 Maringá - Paraná

#### Endereço: Syntia Lemos Cotrim

Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 –  
Jardim Universitário – CEP: 87020-900 Maringá - Paraná

#### Endereço: Gislaine Camila Lapasini Leal

Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 –  
Jardim Universitário – CEP: 87020-900 Maringá - Paraná

#### Endereço: Edwin Vladimir Cardoza Galdamez

Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 –  
Jardim Universitário – CEP: 87020-900 Maringá - Paraná

**Editor Científico: Tonny Kerley de Alencar Rodrigues**

**Artigo recebido em 06/06/2017. Última versão recebida em 22/07/2017. Aprovado em 23/07/2017.**

**Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).**

**Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação**

## RESUMO

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta enxuta que direciona as tomadas de decisões das empresas, permitindo que seja possível a identificação de desperdícios por todo o fluxo de valor e pelo processo produtivo. Este trabalho se utilizou de uma pesquisa com o objetivo de destacar a importância do uso do mapa de fluxo de valor como um mecanismo para a melhoria de processo operacional, o qual permite a identificação e análise de problemas no fluxo de valor, além de direcionar o uso das ferramentas enxutas por meio de eventos Kaizen para melhorar os processos individuais e dar suporte ao estado futuro. A análise dos processos visou à redução do lead time de produção e redução de estoque por meio da implementação de um sistema de coordenação de produção puxado, nivelamento do mix e volume de produção e fluxo contínuo. Como resultado, pode-se comprovar que o mapa de fluxo de valor é extremamente eficaz na redução do lead time e do estoque.

**Palavras-chave:** Mapeamento de Fluxo de Valor. Manufatura Enxuta. Melhoria de Processo.

## ABSTRACT

The Value Stream Mapping (VSM) is a lean tool that guides the decision making of companies allowing the possibility to identify loss throughout the value stream and the production process. This study used an action search in order to highlight the importance of value stream map used as a mechanism for improving the operational process, which allows the identification and analysis of problems in the value stream, and direct the use of lean tools through Kaizen events to improve the individual processes and support future state. The analysis of processes aimed at reducing the production lead-time and inventory reduction through the implementation of a coordination of pulled production system, flatness of mix and volume of production and continuous flow. As a result, it can be verified that the value stream map is extremely effective in reducing lead-time and stock.

**Keywords:** Value Stream Mapping. Lean Manufacturing. Process Improvement.

## 1 INTRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) surge como uma solução para as restrições de mercado: pequenas quantidades de muitas variedades em cenários de baixa demanda. O STP tem como objetivo mais importante aumentar a eficiência da produção por meio de uma constante guerra contra os desperdícios, os quais surgem quando se produz o mesmo produto em grandes quantidades, ou seja, um sistema adaptado aos requisitos dos mercados atuais (KOTANI *et al.*, 2007).

O modelo Toyota objetiva desenvolver uma capacidade de longo prazo para a melhoria contínua e adaptação ao ambiente, onde a organização visa a um aprendizado duradouro que combate problemas levantados e resolvidos por todos os funcionários com a utilização de ferramentas para eliminar as perdas (LIKER; MEIER, 2007).

A produção enxuta pode ser descrita como uma filosofia ou estratégia para a minimização dos desperdícios pelo uso de práticas e técnicas enxutas, para melhorar o desempenho da organização como um todo (EROGLU; HOFER, 2011).

O sistema enxuto é uma filosofia de fluxo de valor que valoriza o cliente e elimina as perdas desse fluxo. O mapeamento de fluxo de valor é a ferramenta enxuta que orienta melhorias em busca do desenvolvimento de fluxos de valor enxutos na organização (LIKER; MEIER, 2007).

O Mapeamento o Fluxo de Valor (MFV) se destaca, pois, auxilia no entendimento e visualização de processos individuais e no relacionamento entre eles, tanto material quanto de informações, o que permite a identificação e desperdícios, sendo, desta forma, a base para um plano de implementação de um fluxo enxuto e otimizado (ROTHER; SHOOK, 2003).

O MFV surge como o ponto de partida para o desenvolvimento do estado futuro enxuto. O evento *Kaizen* é utilizado para melhorar os processos com o uso das ferramentas enxutas, as quais são necessárias para implementar cada parte do fluxo de valor de um estado futuro, dentre as quais as mais conhecidas são: produção puxada, controle visual, cinco s, nivelamento de produção, troca rápida de ferramentas e o índice de eficácia global do equipamento (LIKER; MEIER, 2007).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de melhoria de processo a partir da ferramenta MFV, e sua metodologia em uma linha de produção de uma empresa de manufatura. Além disso, é apresentado um plano de ação para que as possíveis melhorias identificadas possam ser alcançadas.

O texto encontra-se estruturado em 5 seções, além desta introdutória. A Seção 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o Sistema Toyota e Produção (STP). A Seção 3 descreve o método de pesquisa adotado. Na Seção 4 tem-se o desdobramento do estudo de caso, onde as ferramentas propostas foram aplicadas em um caso real. Por fim, na Seção 5 são descritas as considerações finais, destacando as contribuições, limitações e oportunidades de trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sistema toyota de produção

O Sistema Toyota de Produção (STP) contempla um conjunto de princípios e práticas que surgiram da necessidade de solucionar problemas que a empresa encontrava quanto ao mercado. Ou seja, o STP surgiu do esforço da Toyota para a eliminação do desperdício e aumento da eficiência da produção. Segundo Kotani *et al.*, (2007), ao reduzir os desperdícios, os custos também seriam reduzidos. Liker (2005) afirma que a diferença da Toyota para a Ford e a GM era a flexibilidade, pois a Toyota era capaz de adaptar a linha de montagens para vários modelos. Além disso a Toyota pôde notar que existe um aumento da produtividade, qualidade e melhor aproveitamento dos recursos com o aumento da flexibilidade da linha de montagem.

Womack *et al.* (1992) classificam como desperdício toda atividade que consome recurso e não agrega valor ao produto final. Kotani *et al.* (2007) identificaram sete tipos de atividades que não agregam valor ao cliente, ou seja, desperdícios: superprodução; defeitos; estoque excessivo; processamento desnecessário; transporte excessivo; espera e movimentos desnecessários. Womack e Jones (2003) afirmam que, para a eliminação dessas atividades, a organização deve seguir os princípios fundamentais da produção enxuta: i) especificar **valor** de acordo com os clientes; ii) identificar o conjunto de ações que agregam valor ao produto, ou seja, o **fluxo de valor**; iii) realizar estas atividades que agregam valor de uma forma contínua, num **fluxo contínuo**; iv) implementar a **produção puxada** pelo cliente nos locais onde não é possível a implementação do fluxo contínuo; v) visar à **perfeição**, ou seja, buscar a melhoria contínua por meio da redução de desperdícios.

Eroglu e Hofer (2011) apontam que existe uma conexão natural entre a redução de estoque e a manufatura enxuta, portanto, é esperado que o estoque reduza, ao implementar técnicas e práticas de produção enxuta, o que resultará numa melhora operacional.

Liker e Meier (2007) afirmam que o modelo Toyota de produção visa a eliminação destes desperdícios pelo uso de ferramentas, sendo que o mapa de fluxo de valor (MFV) é a ferramenta com a finalidade de orientação das melhorias.

Brown *et al.* (2014) destacam que, quando o Mapa de fluxo de valor é aplicado a um sistema de produção complexo, é necessário a determinação do escopo pois, em ambientes com alta variedades de componentes não é possível a representação de todos no mesmo mapa; portanto deve-se segregar em mapas menores ou juntá-los em famílias. Os autores afirmam ainda, que, em situações de alta variedade e baixa demanda, a identificação da família pode ser difícil, mas o MFV ainda pode apresentar informações valiosas sobre as operações e o fluxo de materiais.

Fawaz e Rajgopalb (2007) afirmam que pensar no valor de fluxo significa olhar para a organização como um todo e não para processos individuais. Ainda segundo os autores, as aplicações de ferramentas enxutas para aperfeiçoar processos individuais, muitas vezes falham em atingir a organização como um todo. O Mapa de fluxo de valor, em vez disso, cria a uma base em comum entre os processos e direciona as ferramentas enxutas para que o fluxo seja melhorado e, conseqüentemente, a empresa como um todo.

Os passos iniciais do mapeamento, segundo Rother e Shook (2003), são:

- 1º. Passo: selecionar uma família de produtos;
- 2º. Passo: desenhar o estado atual, a partir da coleta de informações no chão de fábrica;
- 3º. Passo: desenhar o estado futuro, baseadas nas informações do estado atual;
- 4º. Passo: preparar e começar ativamente um plano de implementação que descreva como planeja chegar ao estado futuro.

O MFV futuro representa uma figura de como o sistema deve ser após a remoção das fraquezas encontradas; ele surge como base para a implementação das ferramentas enxutas e como direcionamento de mudanças no chão de fábrica (PACHE *et al.*, 2015).

Segundo Rother e Shook (2003), a última etapa do mapeamento é a de reunir todas as propostas no mapa do estado futuro e organizá-las em um plano de trabalho com atividades concretas e viáveis, além de um cronograma de acompanhamento das atividades, que podem ser divididas em loops onde, em cada uma dessas etapas, seriam utilizadas ferramentas enxutas para atingir o nível futuro. A sequência das ações a serem tomadas para atingir o estado futuro seguem o padrão de cronograma por meio de gráficos *Gantt* diretos.

Os autores aconselham a divisão por três loops (processo marcador de ritmo, processo intermediário e processo fornecedor) independentes entre si, podendo ser trabalhados em conjunto. A implementação se dá na forma de eventos *Kaizen* com o uso das ferramentas

enxutas e melhoria de processo. Cada um dos ciclos é de material e de informação, onde o material visa encontrar o cliente, e a informação, acionar o próximo pedido do cliente.

## 2.2 Ferramentas Enxutas

Tyagi et al. (2015) reafirmam que o MFV tem tido sucesso no direcionamento da melhoria de processos e tem sido utilizado para encontrar os desperdícios. Eles comentam, ainda, que vários autores apresentam ferramentas enxutas ao MFV, tais como fluxo de uma peça, *poka yoke*, trabalho padronizado, *Kaizen*, controle visual.

Além das ferramentas citadas pelos autores, pode-se mencionar *Kanban*, Troca de Ferramenta Rápida, 5s, OEE, dentre outras.

Segundo Sereno et al. (2011) o *Kanban* foi desenvolvido no Japão com a principal finalidade de manter os estoques baixos, sem que a produção seja comprometida. Este sistema de coordenação de produção é puxado e utilizado entre os fluxos contínuos. Lage Junior e Godinho Filho (2010) definem o *Kanban* como sendo um mecanismo de controle do fluxo de materiais, o qual se utiliza de cartões para o controle de produtos entre os fluxos contínuos e de matéria-prima.

Sereno et al. (2011) demonstram o mecanismo de transferência de informação pelo sistema *Kanban*. Segundo os autores, o primeiro passo é a requisição do cliente por um produto, e partir deste momento, um cartão *Kanban* é transferido para o processo anterior requerido a produção de uma nova peça para repor a adquirida pelo cliente, a informação é então repassada para os processos fornecedores até que chegue a matéria-prima.

A Troca Rápida de Ferramenta, também conhecida por *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma metodologia desenvolvida por Shingo que tem por meta a redução do tempo de troca de ferramentas para apenas um dígito, ou seja, menor que dez minutos (McIntosh et al., 2000). A metodologia visa segregar as atividades entre as possíveis de serem executadas com o equipamento em funcionamento e as atividades que só podem ser executadas com o maquinário paralisado (SUGAI et al., 2007).

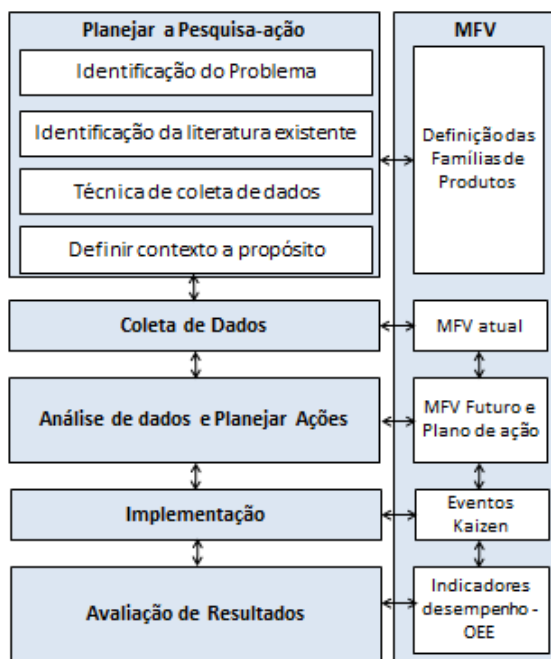
## 3 MÉTODO DE PESQUISA

No desenvolvimento deste estudo foi utilizada a metodologia de pesquisa-ação, na qual, segundo Mello et al. (2012), o pesquisador se utiliza da observação participante e interfere no

objeto de estudo de forma cooperativa com os participantes da ação, para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

A Figura 1 apresenta a relação entre as etapas da pesquisa ação e o desenvolvimento do mapa de fluxo de valor.

Figura 1 – Método de Pesquisa adotado



Fonte: Os autores.

O MFV e a metodologia começam a se relacionar durante o planejamento da pesquisa-ação, o qual é representado no MFV pela etapa de identificação da família a ser mapeada e os componentes que a representam. A segunda relação se dá pela coleta de dados, resultando no MFV atual. A análise desses dados resultou no MFV e no plano de ação, que se divide em eventos *Kaizen* para a implementação das ações. A última parte da interação entre a relação se deu na avaliação dos resultados, sendo que se propulsou a utilizar o indicador de desempenho OEE para esta avaliação.

A pesquisa-ação é cíclica, onde os resultados de um ciclo servem como entrada do próximo. O processo da pesquisa-ação acontece em cinco fases.

A primeira fase de Planejamento da pesquisa-ação é a de definição da estrutura conceitual teórica, técnicas de coleta de dados e de definição do contexto e o propósito da pesquisa. Esta etapa se divide em 4 subfases:

1. Iniciando a pesquisa: Identificação do problema a ser solucionado pelo estudo. Normalmente a iniciação é dirigida pelo problema, ou seja, a organização.
2. Procura um especialista teórico (pesquisador) para resolver algum problema considerado aparentemente insuperável.
3. Definir a estrutura conceitual-teórica: Identificação e organização dos conceitos encontrados – após mapeamento da literatura existente – que se apresentam significantes para o trabalho a ser desenvolvido. Objetivo de identificar os pontos fortes e contribuições chave da literatura, assim como deficiências, omissões, inexatidões, lacunas onde possam existir problemas. Esses problemas foram uma questão na qual são definidos os objetivos do projeto de pesquisa, a fundamentação teórica é feita para contextualizar e fundamentar os problemas identificados.
4. Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados: definição as técnicas de coleta de dados.
5. Definir contexto e propósito: identificar os interessados com a pesquisa e suas expectativas. Realizar um diagnóstico da situação, dos problemas prioritários e eventuais ações.

A segunda etapa da Pesquisa-ação é a de coletar os dados, no qual foi utilizado o MFV do estado presente para a coleta. Na pesquisa-ação o pesquisador se envolve ativamente no dia a dia dos processos organizacionais, assim como o MFV, o qual requer que o responsável deve coletar os dados por meio de gravações, cronometragem, entrevistas. Os dados foram ser coletados do final para o início, no sentido contrário à matéria-prima.

A terceira etapa é a de planejar as ações, nesta etapa da Pesquisa-ação, os dados obtidos no item anterior foram comparados com os da teoria pesquisada no planejamento. Neste trabalho esta fase se resume na análise do MFV presente, elaboração do MFV futuro e o plano de ação para que o estado futuro seja atingido. A análise teve o intuito de descobrir se os dados estão coerentes, convergentes ou contraditórios, encontrar quais os pontos críticos do fluxo de valor, materiais e informações apresentados no MFV presente. A equipe realizou a análise, sendo o pesquisador responsável pela validação dos dados, ter conhecimento do método científico. Esta etapa foi finalizada com a elaboração e documentação de um plano de ação.

O quarto passo consiste na implementação do plano de ação elaborado pela análise dos dados. Nesta etapa os participantes colocam em prática as ações definidas pelo plano de ação. As ferramentas enxutas escolhidas na análise foram implementadas neste estágio do projeto, por meio de eventos *Kaizen*, de acordo com o plano de ação.



A última etapa de um ciclo da Pesquisa-ação é a avaliação dos resultados obtidos com base nas ações realizadas no item anterior. A avaliação foi realizada de acordo com indicadores enxutos, das métricas presentes no MFV e o OEE.

## 4 RESULTADOS E DISCUSÕES

### 4.1 Caracterização da empresa

Este estudo foi desenvolvido ao longo de seis meses em uma empresa do setor metal-mecânico, fabricante de bombas d'água, hidro lavadoras e geradores eólicos de pequeno porte, instalada no norte do Paraná com, aproximadamente 100 colaboradores.

A empresa possui como estratégia o processo de negócio o *Make to Stock* (MTS), no qual a produção é baseada em previsão de demanda. Este sistema é capaz de entregar os produtos rapidamente, entretanto, os clientes não possuem suas necessidades interpretadas por completo, o que pode ser prejudicial para a continuidade do negócio. A produção, portanto, é realizada de acordo com a previsão da demanda, a qual é atualizada mensalmente.

A previsão da demanda guia o planejamento de produção e os pedidos de compra das matérias-primas e os itens a serem montados. Pelo fato de o planejamento ser realizado mensalmente, os componentes são produzidos uma vez ao mês com uma quantidade representativa da demanda prevista para aquele mês.

O suprimento é realizado de acordo com os pedidos de compra, a empresa possui matérias-primas nacionais e importadas. Os fornecedores nacionais, estão distribuídos nos estados do Paraná, São Paulo e Santa Catarina, e os internacionais estão na China. Para os fornecedores nacionais o tempo de entrega varia de acordo com o fornecedor, normalmente de 5 a 30 dias. Para o fornecedor estrangeiro, a entrega é de 120 dias, o que faz com que um pedido seja feito a cada seis meses. Para os nacionais, o pedido é separado de acordo com a curva ABC, as matérias-primas A e B são pedidas quinzenalmente, e as C mensalmente.

Para a logística de distribuição e de suprimento são utilizadas transportadoras, com a frequência de carregamento diário. A distribuição com destino à América do Sul é realizada por meio de caminhões; para os outros destinos a distribuição é feita por caminhões até o porto de Santos e, posteriormente, por navios.

## 4.2 Identificação do Problema

A direção da empresa identificou oportunidades de melhoria durante a análise interna do planejamento estratégico do ano de 2015, dentre as quais se destacavam a possibilidade de aumentar a produtividade, diminuir o prazo de entrega e os custos de estoques. Neste contexto, portanto, o MFV se apresentou como uma ferramenta útil na orientação para a transformação da oportunidade em vantagem para a organização.

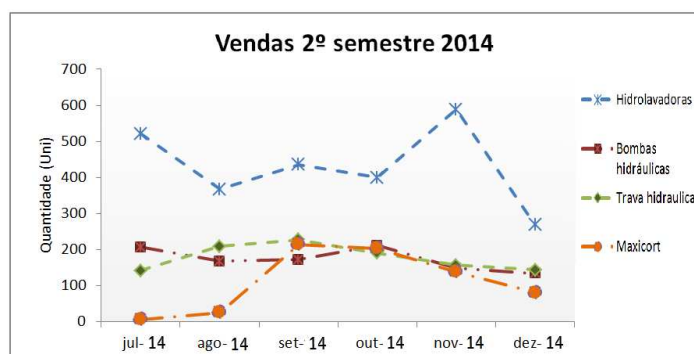
O projeto surgiu com os requisitos de melhorar a eficiência da fábrica, diminuir o índice de refugos da fábrica; facilitar a manutenção dos equipamentos; reduzir inventário e estoques; diminuir o tempo de atravessamento; aumentar a capacidade operacional; aumentar a flexibilidade de produção e melhorar a programação da produção.

Os requisitos da organização direcionaram os requisitos do MFV, o qual possui – em ordem decrescente de priorização – os seguintes requisitos: 1) puxar a produção; 2) diminuir o tempo de atravessamento (*lead time*); 3) reduzir tempo médio de troca dos equipamentos; 4) aumentar o tempo operacional disponível;

## 4.3 Definição da família de produtos a ser mapeada

Uma vez definido os requisitos do projeto, o mesmo teve início com a definição de qual produto será mapeado. A determinação da família foi pela comparação entre a quantidade vendida durante o semestre anterior ao início do projeto. A Figura 2 apresenta o gráfico sequencial, com a demanda dos produtos produzidos pela empresa.

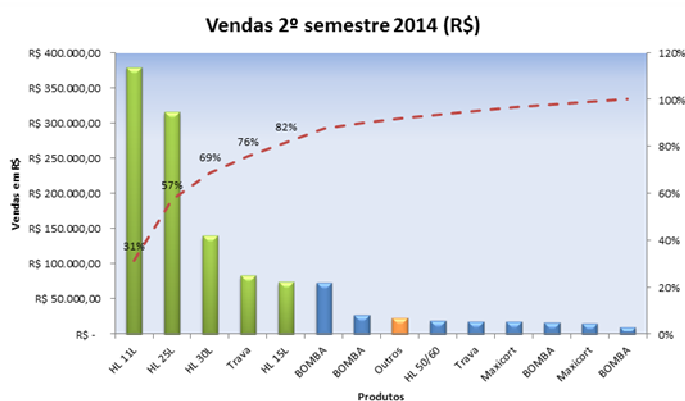
**Figura 2** – Demanda dos produtos.



**Fonte:** Os autores.

Ao analisar o gráfico, fica evidente que a família de hidro lavadoras é a que possui maior demanda durante o período escolhido. Por conta disso, a família de hidro lavadoras foi escolhida para ser estudada. A família de hidro lavadoras possui mais de 15 produtos, o que impossibilita um estudo. Um produto foi escolhido para representar toda a família, sendo este produto determinado a partir da análise de Pareto, que considerou os produtos mais representativos nas vendas em termos monetários durante o mesmo período, como pode ser visto na Figura 3.

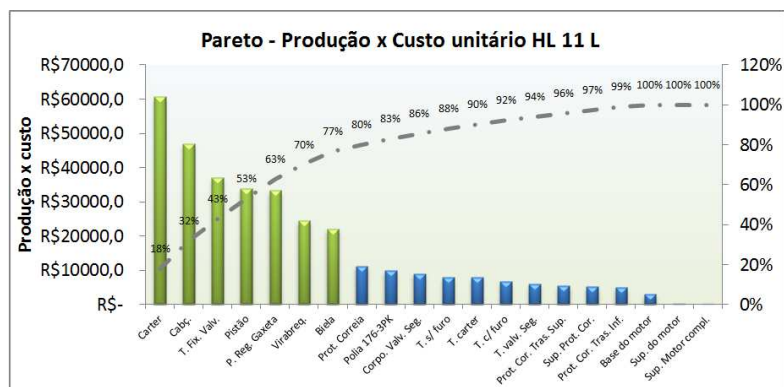
**Figura 3** – Demanda dos produtos mais representativos.



**Fonte:** Os autores.

As colunas demonstram a quantidade monetária de vendas do produto durante o segundo semestre do ano de 2014. O princípio de Pareto afirma que 80% das consequências advêm de 20% das causas, ou seja, 20% dos produtos representam 80% das vendas. As colunas em verde, portanto, representam os 82% das vendas e são oriundas de cinco produtos – 20% do portfólio de produto – sendo que quatro são da família de hidro lavadoras, o que faz com que a análise de Pareto somente reforce a escolha desta família de hidro lavadoras. Além disso, é possível verificar que o produto com maior importância para a empresa foi a HL 11L, pois a mesma apresentou 31% das vendas da empresa no semestre.

O produto HL 11L foi escolhido como o produto a representar a família do estudo, entretanto, este produto possui 36 componentes fabricados, o que dificulta a análise do fluxo de valor. Estes componentes, portanto, foram segregados e priorizados de acordo com a produção individual multiplicada pelo custo unitário de fabricação. A Figura 4 apresenta a análise de Pareto para os componentes do produto HL 11.

**Figura 4 – Pareto Produção x Custo unitário HL 11L.**

Fonte: Os autores.

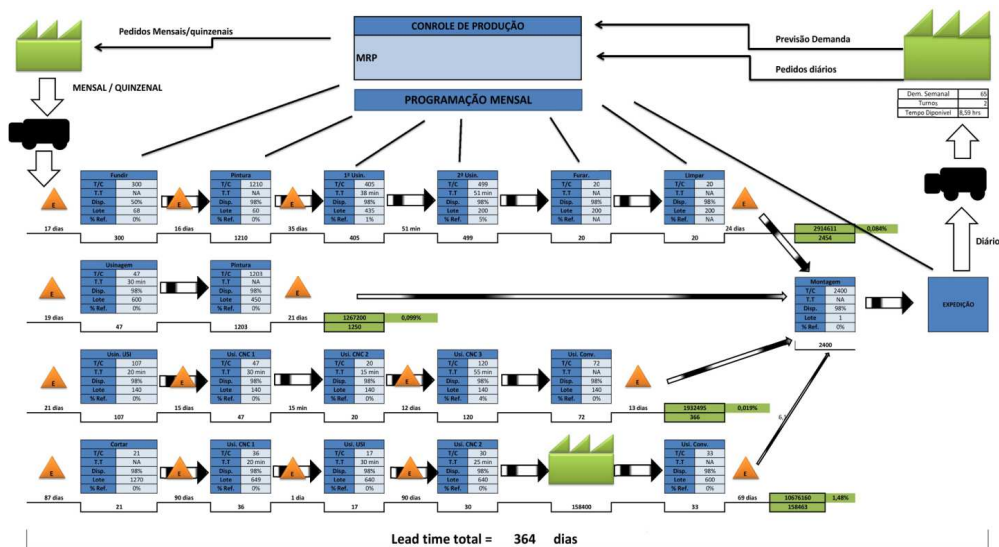
A partir da análise de Pareto, pode-se determinar que os componentes que representaram o produto HL 11L e, conseqüentemente, a família de hidro lavadoras, foram os que representam 80% da multiplicação do custo unitário e a produção do segundo semestre do ano de 2014. Estes componentes são: Carter, Cabeçote, Tampa de fixação, Pistão, Porca de Regulagem, Virabrequim e Biela.

#### 4.4 Elaboração do MFV atual

Uma vez definido quais foram os componentes a serem estudados, iniciou-se a coleta de dados para a elaboração do MFV atual, a qual foi efetuada de acordo com as recomendações realizadas por Like e Meier (2007), os quais sugerem que os dados sejam coletados in loco, com início no local de embarque e continue de forma inversa ao fluxo de material. Os dados do fluxo de materiais, do processo e do fluxo de informações foram coletados em conjunto, para um melhor entendimento do fluxo de valor.

Essa etapa de coleta de dados durou dois meses, pelo fato de que esse foi o tempo gasto para que todos os componentes fossem fabricados e montados. Uma vez terminada a coleta de dados o MFV foi elaborado, conforme apresentado pela Figura 5.

**Figura 5 – Mapa de Fluxo de Valor Atual.**



Fonte: Os autores.

A demanda média semanal é de 65 hidro lavadoras. A partir desse pedido e do mapa estratégico de produção, o PCP envia as ordens de fabricação para todos os setores da fábrica. A primeira linha se refere ao conjunto de produtos – Cárter, Cabeçote e Biela – pois eles passam pelos mesmos processos de fabricação. O valor considerado para o estudo foi o de maior tempo.

A segunda linha é pela família – tampa de fixação e porca de regulação – e segue a mesma linha de raciocínio da família 1. Posteriormente, são representados os outros produtos em cada uma das linhas, a terceira representa o virabrequim e a última, o pistão.

Cada linha mostra os processos e os estoques – em tempo – existentes entre os processos. A porcentagem do tempo de agregação de valor foi calculada separadamente entre as famílias. A família de componentes 1 possui 0,084% do tempo de agregação de valor, ou seja, 0,084% do lead time total é gasto com atividades que realmente importam para o cliente, o outros 99,916% são com atividades relevantes para o cliente. A família 2 apresentou 0,099%, o virabrequim 0,019% e o pistão, 1,48% de porcentagem de agregação de valor.

O tempo total de atravessamento dos componentes foi o de 364 dias, ou seja, aproximadamente um ano.

#### 4.5 Análise dos dados

A próxima etapa do projeto foi a de análise do MFV presente. Esta análise se utilizou das questões-chave destacadas por Rother e Shook (2003), as quais se baseiam no cálculo do

*Takt-Time*, fluxo contínuo, incremento de trabalho, nivelamento do mix e do volume de produção.

Uma das premissas do trabalho foi a de manter um supermercado de produtos acabados, o qual faria a interface direta com o cliente. Além do supermercado final, foi necessária a introdução de dois sistemas puxados, o primeiro, inserido entre o processo de usinagem e o de montagem, e o segundo, entre o setor de fundição e o de usinagem. Foram colocados supermercados na quebra do fluxo contínuo, na expedição e no recebimento. A montagem seria o processo puxador, pois é o processo de abastecimento do supermercado final.

A demanda média do cliente, durante o segundo semestre de 2014, foi de 257 unidades por mês, ou 13 unidades/dia. O mesmo período apresentou – em média - 21 dias de trabalho, totalizando, 184,8 horas ou 665280 segundos. O *Takt-Time* é, conforme pode ser visualizado pela Equação 1, 2588,64 segundos ou 42,14 minutos. O que significa que, a cada 42,14 minutos um cliente requisita um produto, e que o sistema deve ser capaz de produzir um produto na mesma frequência.

$$takt - time = \frac{665280 \text{ segundos}}{257 \text{ unidades}} = 2588,64 \text{ seg/uni} \quad (1)$$

O *Takt-Time* calculado é correspondente a um produto, entretanto, para cada produto produzido, a quantidade de componentes requerida é diferente, o que faz necessário a estratificação do *Takt-Time* para cada um dos componentes, sendo que o valor será proporcional à quantidade requerida por produto. Os valores são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Takt-Time por produto.

Componente	Quantidade Requerida	<i>Takt-Time</i> (segundos)
Carter	1	2588,64
Cabeçote	1	2588,64
Tamp. Fix.	3	862,88
Pistão	3	862,88
Porca Reg.	3	862,88
Virabreq.	1	2588,64
Biela	3	862,88

O incremento de trabalho, ou *pitch*, possibilita a visualização do desempenho da produção em relação à demanda do cliente. Os autores Rother e Shook (2003) definem o *pitch* como sendo a multiplicação do *Takt-Time* pelo tamanho da embalagem. O produto final possui embalagem única, ou seja, somente um produto por embalagem. O *pitch* foi determinado como sendo a multiplicação da quantidade requerida na montagem de cada um dos itens pela demanda diária de cada um dos mesmos, conforme a Equação 2.

$$\text{Pitch} = \text{Demanda diária} \times \text{Takt time} \quad (2)$$

A Tabela 2 demonstra o *pitch* de cada uma das peças escolhidas, destacando a demanda diária e o tempo necessário para processamento.

Tabela 2 – Pitch por peça

Componente	Pitch	
	Demanda diária.	Tempo (s)
HL 11L	13	33652,32
Carter	13	33652,32
Cabeçote	13	33652,32
Tamp. Fix.	39	11217,44
Pistão	39	11217,44
Porca Reg.	39	11217,44
Virabreq.	13	33652,32
Biela	39	11217,44

O incremento de trabalho representará a quantidade em cada cartão *Kanban* pois, desta forma, é possível distribuir a produção em intervalos de acordo com o atendimento do *Takt-Time*, minimizando os estoques intermediários.

Os cartões *Kanban* são colocados no quadro de nivelamento na sequência do mix desejado por tipo de produto. Na medida em que os cartões forem colocados no quadro, a produção deverá ser feita. O número de cartões *Kanban* em cada um dos quadros garante que o tempo de reposição das peças é de um dia.

Os supermercados entre os processos foram dimensionados para possuírem um valor correspondente a dois dias da demanda, enquanto o supermercado de produtos acabados possui o valor igual à demanda semanal do produto. Estes valores servem para prevenir variações de demanda, e como proteção para instabilidades no processo de produção. A

Tabela 3 mostra o total de cartões *KANBAN* de cada componente, em cada um dos supermercados.

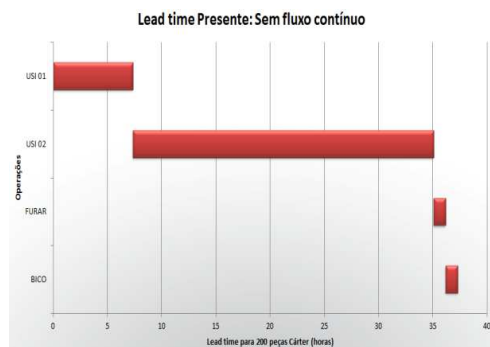
**Tabela 3 – Distribuição do *Kanban***

Componente	Nº de <i>Kanban</i> em cada supermercado intermediário	Quantidade em cada cartão (unidades)
Carter	3	13
Cabeçote	3	13
Tamp. Fix.	3	39
Pistão	3	39
Porca Reg.	3	39
Virabreq.	3	13
Biela	3	39

A mudança do tamanho dos lotes de mensal para diária aumentou consideravelmente o número de trocas de ferramentas, o que significou um esforço para a implementação da troca rápida de ferramentas para os maquinários. Apesar de o tempo de troca de ferramentas ser diminuído, ele ainda representa a principal restrição para a aplicação do fluxo contínuo de peças, visto que os recursos do setor são compartilhados para a fabricação de todos os produtos da empresa

A diminuição do tamanho dos lotes, somada à implementação do fluxo contínuo representaram um ganho significativo do tempo de atravessamento dos componentes pelos setores de fabricação. Tomando como exemplo o componente Carter, pode-se perceber – a partir da comparação entre os gráficos das Figuras 6 e 7 – que, no cenário anterior, eram necessárias 35 horas para a produção do primeiro Carter; após a redução dos lotes, este valor caiu para 8,65 minutos, ou seja, uma redução no *lead time* de 99,58 %.

**Figura 6 – Lead Time do componente Carter.**



Fonte: Os autores.



A Figura 7 mostra o tempo de atravessamento de um lote com 200 peças do componente Cárter pelo setor de usinagem.

**Figura 7** – Lead Time do componente Carter.

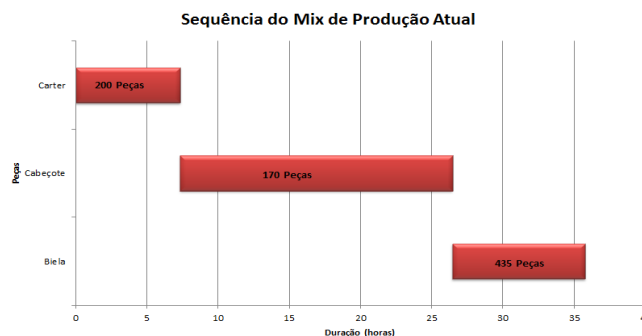


**Fonte:** Os autores.

A Figura 8 mostra o tempo de atravessamento de um lote com 13 peças do componente Cárter pelo setor de usinagem com o fluxo contínuo, sendo que uma peça será entregue a cada 0,14 horas ou 8,65 minutos.

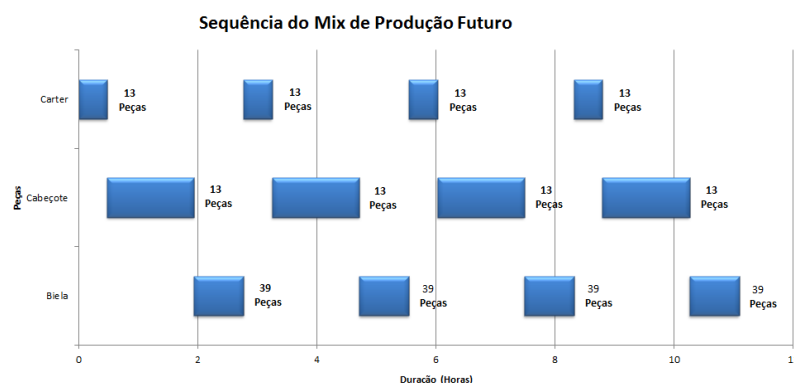
Assim como o tempo de atravessamento, o mix de produção foi modificado com a diminuição dos lotes, é possível verificar – por meio da comparação dos gráficos nas Figuras 6 e 7 – que houve um aumento da flexibilidade no aproveitamento dos recursos pois, se comparar as cinco horas iniciais dos dois gráficos, é possível verificar que, anteriormente, o recurso era utilizado para a produção de somente um componente, enquanto no segundo gráfico o recurso é capaz de produzir duas vezes cada um dos componentes, ou seja, o recurso diminui o tempo de resposta para possíveis flutuações de demanda.

A Figura 8 demonstra o mix de produção atual onde o recurso USI01 utiliza um pouco mais de 35 horas para a entrega de três componentes.

Figura 8 – *Mix de Produção Atual*

Fonte: Os autores.

Na Figura 9, que representa o mix de produção futuro, percebe-se que os mesmos componentes são entregues (em quantidades menores) utilizando três horas.

Figura 9 – Sequência do *mix* de produção futuro

Fonte: Os autores.

#### 4.6 Plano de ação

Para alcançar o estado futuro de uma forma eficaz e eficiente, foi necessário que processos individuais fossem estabilizados e variações nos processos minimizados. Na estabilização dos processos individuais foram utilizados “jatos KAIZEN”, os quais visavam o uso de ferramentas enxutas e melhoria de processo numa perspectiva mais ampla. Na variação dos processos foram utilizados projetos PDCA, os quais utilizaram ferramentas da qualidade. As ferramentas enxutas escolhidas para estabilizar o fluxo estudado foram OEE e Troca Rápida de Ferramentas.

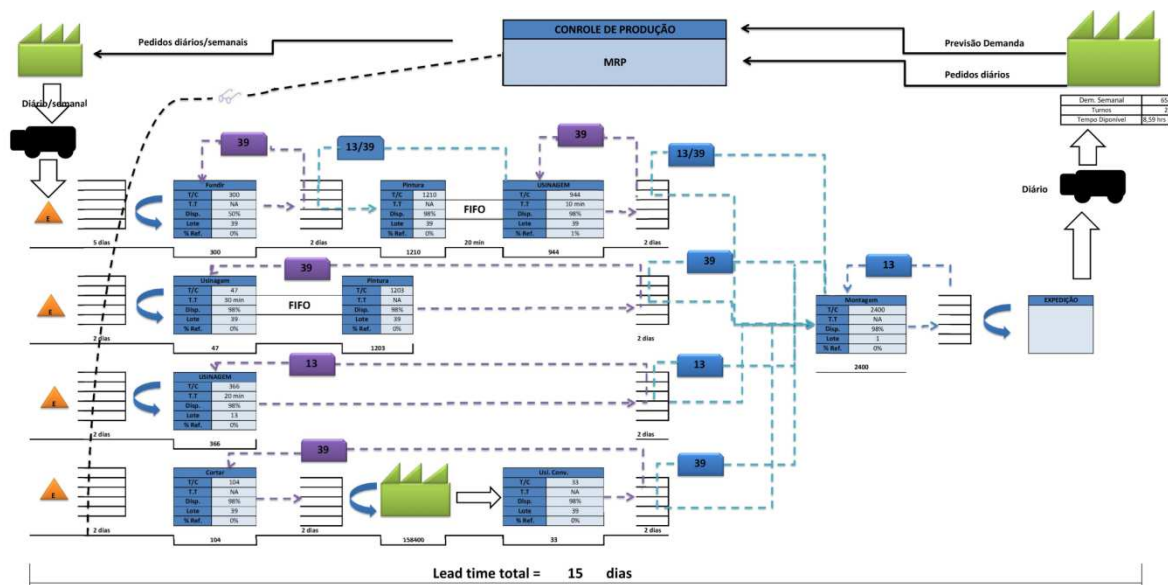
A necessidade da implantação no OEE nos processos estudados se justificou pelo fato de que este indicador é um sistema de detecção e direcionamento para as ações de redução de

perdas e aumento da eficácia dos equipamentos. A necessidade de implementação de outras ferramentas enxutas derivou da análise originada pela implementação do OEE.

Como mencionado nos itens anteriores, o tempo de preparação dos equipamentos é elevado, fazendo com que o sistema possuísse baixa flexibilidade da produção. A Troca rápida de ferramentas, portanto, surgiu como uma alternativa para aumentar a flexibilidade do sistema, e, conseqüentemente, diminuir o tempo de atravessamento dos componentes, permitindo o aumento do mix de produção sem que o índice de disponibilidade fosse afetado, além de permitir o fluxo contínuo e os nivelamentos de mix e de volume de produção.

A estabilização dos processos individuais deu a base necessária para a implementação do sistema puxado, com a aplicação do sistema de coordenação da produção *KANBAN*. As ferramentas enxutas citadas visaram aumentar a disponibilidade e direcionar as ações para que os maquinários estivessem com maior índice de disponibilidade e maior flexibilidade da produção. A etapa de implementação do projeto se resumiu em colocar todas as análises e propostas em um MFV futuro e desenvolver um plano de ação para a implementação dessas melhorias por meio de eventos *KAIZEN*. O MFV futuro está ilustrado na Figura 10.

**Figura 10 – Mapa de Fluxo de Valor Futuro**



Fonte: Os autores.

No MFV futuro, os pedidos de compra seriam realizados diariamente, o fornecimento seria com frequência diária ou semanal. Os estoques passariam a ser supermercados, e possuiriam pulmão de dois dias. As linhas continuam separadas por famílias, os processos que

eram realizados na usinagem passaram a ser de fluxo contínuo, o que elimina o estoque intermediário. Os processos são coordenados pelo sistema de produção puxado *KANBAN*.

O MFV futuro demonstra que as propostas sugeridas pela análise proporcionariam uma melhora do fluxo, diminuiriam o tempo de atravessamento da produção para 15 dias, o tempo disponível e a flexibilidade aumentariam.

#### 4.7 Implementação

A implementação das medidas foi separada em ciclos de fluxo, ou seja, em *loops*, que foram divididos em quatro:

1. **Loop de estabilização:** este primeiro *loop* surge para dar suporte para os demais, ou seja, neste primeiro Loop as ações de estabilização dos processos individuais e minimização de suas variações, isto é, a execução da implementação do indicador de eficiência global do equipamento e da troca rápida de ferramentas dos componentes estudados. Paralelamente aos eventos *KAIZEN*, os projetos PDCA e seis sigma deverão ser feitos para diminuir as variações dos processos.

2. **Loop marcador de ritmo:** este *loop* indica a implementação do supermercado de produtos acabados entre o processo de montagem e o processo de expedição, sendo o supermercado o ponto de programação da montagem. A programação nivelada é enviada para a montagem, a qual flui a produção sem interrupção na sequência para o supermercado de produtos acabados. O ritmo da montagem estabelece o ritmo do sistema puxado a partir do supermercado dos produtos intermediários que puxa o processo de usinagem, o qual puxa o processo de fundição, que puxa o fornecedor.

3. **Loop do processo intermediário:** após os “jatos *KAIZEN*” e os projetos PDCA e seis sigma, o processo estará apto a implementar o nivelamento de mix e produto, ou seja, ele será flexível o suficiente para poder abastecer o supermercado que mantém os produtos para o cliente, sem que a disponibilidade dos equipamentos sofra interferência. Por último o processo estará apto a eliminar os estoques intermediários, ou seja, trabalhar em fluxo contínuo.

4. **Loop do fornecedor:** o último *loop* inclui o fornecedor de matérias-primas e a frequência de reabastecimento, para manter o supermercado de matérias-primas. Foi estabelecido que a frequência de reabastecimento, deve ser diário para os fornecedores que se situam na mesma cidade, e para o fornecedor mais distante, o fornecimento seria quinzenal.

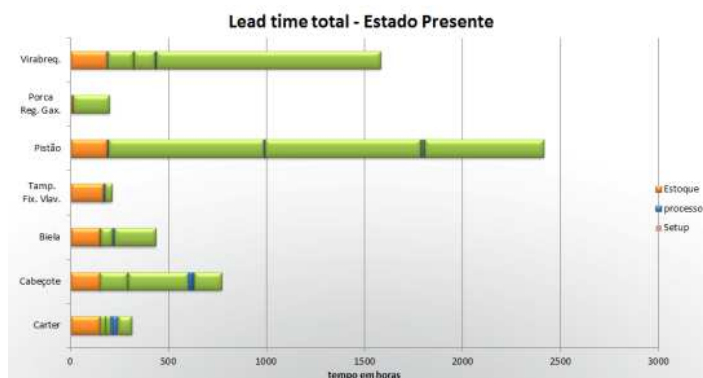
#### 4.8 Análise de resultados

As ações estão em fase de implementação; por conta disso, os resultados foram obtidos por meio de projeções. Em caso de implementação das propostas sugeridas, o projeto possui os requisitos de puxar a produção; diminuir o tempo de atravessamento, ou lead time; reduzir tempo médio de troca; e aumentar o tempo operacional disponível;

Como demonstrado anteriormente, a mudança do tamanho do lote, o nivelamento do mix e o volume de produção, a introdução dos supermercados e do sistema *KANBAN* diminuiria o *lead time* consideravelmente. As Figuras 11 e 12 demonstram a projeção de redução do tempo de reposição.

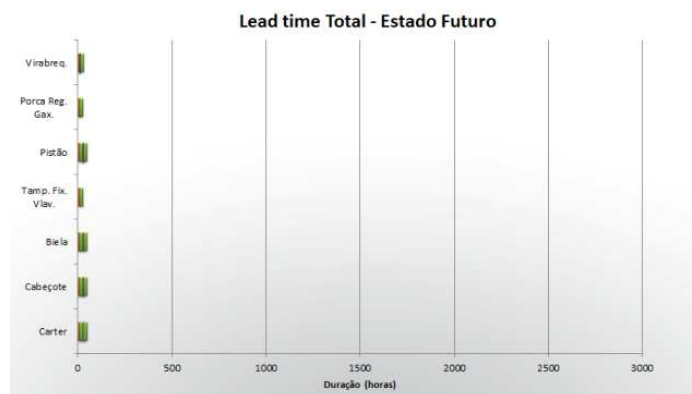
A Figura 11 mostra o *lead time* de produção de cada um dos componentes estudados. Ao analisá-lo é possível verificar que o tempo total se aproximou de 2500 horas de lead time, pelo fato do alto valor dos estoques existentes.

**Figura 11 – Lead Time atual.**



**Fonte:** Os autores.

A Figura 12 projeta que o *lead time* futuro será próximo de 50 horas, ou seja, em torno de 2% do *lead time* atual.

**Figura 12** – Lead Time futuro.

**Fonte:** Os autores.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho iniciou, descrevendo a fundamentação teórica com os conceitos do sistema Toyota de produção e as ferramentas utilizadas. Em seguida, apresentou e explicou a pesquisa-ação, que foi a metodologia utilizada na sua elaboração. O desenvolvimento retratou a aplicação dos conceitos da fundamentação teórica, respeitando a pesquisa-ação. Posteriormente foram descritos os resultados projetados do estudo.

Os objetivos deste trabalho se resumiram em desenvolver o processo de melhoria baseado no conceito do MFV na indústria estudada e, para isso, determinou-se que os objetivos específicos seriam os de analisar a eficácia da ferramenta na redução do *lead time* de produção, na aplicabilidade de propor a redução de estoque por meio da implementação de um sistema de coordenação de produção puxado, nivelamento do mix e volume de produção e fluxo contínuo.

Para atingir os objetivos propostos, um projeto para a implementação do MFV foi realizado no intuito de alavancar as oportunidades da empresa para o ano de 2015. Utilizou-se a análise de Pareto para a escolha do produto e posteriormente, dos componentes a serem estudados. Uma vez escolhidos os componentes, fez-se a coleta de dados, a qual foi efetuada in loco, iniciando pelo local de embarque e seguindo de forma inversa ao fluxo de material. Os dados coletados alimentaram o MFV no estado presente.

A próxima etapa do projeto foi a de análise do MFV presente. Esta análise se baseou no cálculo do *Takt-Time*, possibilidade de inserção do fluxo contínuo, incremento de trabalho e nivelamento do mix e do volume de produção. O resultado da análise foi um plano de ação. O MFV futuro e os resultados projetados, os quais demonstraram que a introdução do sistema de

coordenação de produção puxado *KANBAN*, os supermercados, o nivelamento do mix e o volume de produção reduziram o lead time de 2500 horas para 50 horas, ou seja, em torno de 98%. Os estoques cairiam de 1647 horas para 123 horas, ou seja, em torno de 93%.

Os valores da projeção se apresentaram expressivos, o que comprova o MFV como sendo uma ferramenta eficaz para a redução do lead time, pois direciona e guia a implementação de outras ferramentas enxutas. Os resultados puderam ser analisados por meio da avaliação do tempo de atravessamento, da quantidade de estoque e o tamanho do lote. É importante salientar que o estado futuro seria alcançado em longo prazo, o apoio da direção, portanto, é imprescindível para o sucesso de implementação.

O trabalho teve como limitações o estudo da aplicação das ferramentas enxutas, tendo como a principal o MFV e eventos *KAIZEN*. Foi constatado que a principal limitação para a implementação de novas ideias é a de resistência à mudança que existe nas empresas.

O STP se mostrou um assunto novo para a liderança e, portanto, a sua implementação por completo se mostra dificultosa. A direção da empresa preferiu a contratação de uma consultoria externa para a execução da implementação do indicador de eficiência global do equipamento e a implementação da troca rápida de ferramentas.

Por fim, destaca-se como oportunidade de trabalhos futuros: i) implementação deste estudo e verificação das projeções; ii) condução de estudos, no sentido de mudança de layout, para otimizar o fluxo contínuo; iii) implementação do fluxo de uma peça (*one piece flow*) no setor de usinagem.

## REFERÊNCIAS

BROWN, A.; AMUDSON, J.; BADURDEEN, F. Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, n. 15, p. 164 -179, 2014.

EROGLU, C., HOFER, C. 2011. Lean, leaner, too lean? The inventory-performance link revisited. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 4, p. 356–369, 2011.

FAWAZ A. A.; RAJGOPALB J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n.1, p. 223–236, 2007.

KOTANI S.; ITO T.; OHNO K. Sequencing problem for a mixed-model assembly line in the Toyota production system. **International Journal of Production Research**, v.42, n. 23, p. 4955-4974, 2007.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Variations of the kanban system: Literature review and classification. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13-21, 2010.

LIKER J.; MEIER D. **O Modelo Toyota: Manual de Aplicação. Um guia prático para a implementação dos 4 os da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MELLO, C.H.P.; TURRIONI, J.B.; XAVIER, A.F.; CAMPOS, D.F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MCINTOSH R. I.; CULLEY S. J.; MILEHAM A.R.; OWEN G.W. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. **International Journal of Production Research**, v.38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.

PACHE, R.; SILVA, V. B.; SANTOS, L. A.; GARLET, E.; GODOY, L. P. Princípios da Manufatura Enxuta como Proposta para Arranjo Físico na Indústria de Transformação de Termoplásticos. **Engevista**, v. 17, n. 4, p. 507-524, 2015.

ROTHER, M.; SHOOK J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. 3 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SERENO, B.; SILVA, D.S.A; LEONARDO, D.G.; SAMPAIO, M. Método híbrido CONWIP/KANBAN: um estudo de caso. **Gestão e Produção**, v. 18, n. 3, p. 651-672, 2011.

SHINGO, S. **O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.

SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão e Produção**, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

TYAGI, S.; CAI, X.; CHAMBERS, T. Lean tools and methods to support efficient knowledge creation. **International Journal of Information Management**, v. 35, n. 2, p.204-214, 2015.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**. Published by Simon and Schuster. Rawson Associates, New York, 1992.

WOMACK J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation**. 2nd Ed. Free Press, New York, 2003.

**Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:**

LEITE, J. V. G. A; *et al.* Melhoria de Processo Operacional Utilizando Mapa de Fluxo de Valor em Uma Indústria Metal-Mecânica. **Rev. FSA**, Teresina, v.14, n.5, art. 8, p. 146-170, set./out. 2017.



<b>Contribuição dos Autores</b>	<b>J. V. G. A. Leite</b>	<b>S. L. Cotrim</b>	<b>G. C. L. Leal</b>	<b>E. V. C. Galdemez</b>
1) concepção e planejamento.	X	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X