O Uso do Mapa de Fluxo de Valor na Identificação de Desperdícios em um Processo Produtivo de Montagem de Motores de uma Empresa Automobilística



Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR

Antenilson Silva Fonseca[1]; Bianca Karolina Sales de Oliveira[1]; Regis Fernandes da Silva[1];
Orientador: Professor Jesiel Costa Brito[2]
[1]Faculdade Educacional Araucária – Engenharia de Produção
[2]Faculdade Educacional Araucária – Especialista em Gestão Industrial

RESUMO
Este artigo tem como finalidade demonstrar a utilização da ferramenta do mapeamento do fluxo de valor (MFV) para mapear as atividades que agregam, bem como as que não agregam valor, em uma linha de montagem de motores de uma empresa do ramo automobilístico, identificando as fontes de desperdícios com intuito de reduzir ou eliminar as suas causas. Com a realização deste estudo, observou-se que a utilização da ferramenta MFV possibilita a visualização da agregação de valor atribuída ao produto, propondo melhorias efetivas para o processo produtivo, de modo a reduzir os custos e aumentar a produtividade. Além de tornar perceptível a necessidade e importância de adequação dos processos de maneira enxuta, tendo como premissa a filosofia da eliminação dos desperdícios, resultando na identificação de diversas oportunidades de melhoria, não sendo possível a implementação de todas, mas priorizando as de maior impacto no que se refere ao retorno do investimento e dentro da realidade a que o estudo se propôs.

Palavras chave: Fluxo de Valor, Produção Enxuta, Desperdício, Lead Time.

ABSTRACT
This article aims to demonstrate the use of the tool of value stream mapping (VSM) to map the activities that add, as well as those that do not add value, in an assembly line of engines of an automotive company, identifying sources of waste in order to reduce or eliminate their causes. With the completion of this study, it was observed that the use of the tool allows the visualization of the VSM at adding value assigned to the product by proposing effective improvements to the production process, in order to reduce costs and increase productivity. In addition to making perceptible the need and importance of Adequation of lean way, having as premise the philosophy of eliminating waste, resulting in the identification of several opportunities for improvement, not being possible the implementation of all, but prioritizing the most impact with regard to return on investment and within the reality that the proposed study.

Key Words: Value Stream, Lean Production, Waste, Lead Time.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais os desperdícios de dinheiro, tempo, matéria prima e a ociosidade da mão de obra são muitas vezes fatores que afetam a competitividade das empresas que buscam prosperar em seu negócio. Portanto a redução ou até mesmo eliminação destes desperdícios são motivos constantes de preocupação e estudo dentro das organizações.

Este artigo tem como finalidade identificar e mapear os desperdícios em uma linha de montagem de motores, através da utilização da ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), buscando minimizar os desperdícios com espera, movimentação desnecessária e *buffer* de armazenamento, almejando como consequência, o aumento da eficiência, produtividade e qualidade da linha em questão.

2. MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV)

Este método tem sua origem a partir do Sistema TOYOTA de Produção, que foi idealizado por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda na década de 1930 no Japão, quando a TOYOTA coloca em prática os seus princípios da eliminação de desperdícios e a produção de veículos com qualidade, tornando a base do seu sistema de produção enxuta.

Em 1998 Rother e Shook introduziram em seu manual “aprendendo a enxergar” a ferramenta chamada de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), que se torna fundamental para se formular um modelo a ser seguido por todas as empresas interessadas em reduzir ou eliminar toda e qualquer forma de desperdício (ROTHER; SHOOK, 2003).

Pode-se afirmar que o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta estratégica que proporciona uma visão macro do processo empresarial, revelando os pontos de oportunidade de melhoria e aplicabilidade das ferramentas *Lean*. É uma modelagem gráfica, como mostra a figura 1, onde são representados todos os processos industriais, com uma linguagem comum e de entendimento preciso, devido à utilização de símbolos que preconizam cada atividade. É um processo de análise do fluxo de valor, que visa à eliminação dos desperdícios (ROTHER; SHOOK, 2003).

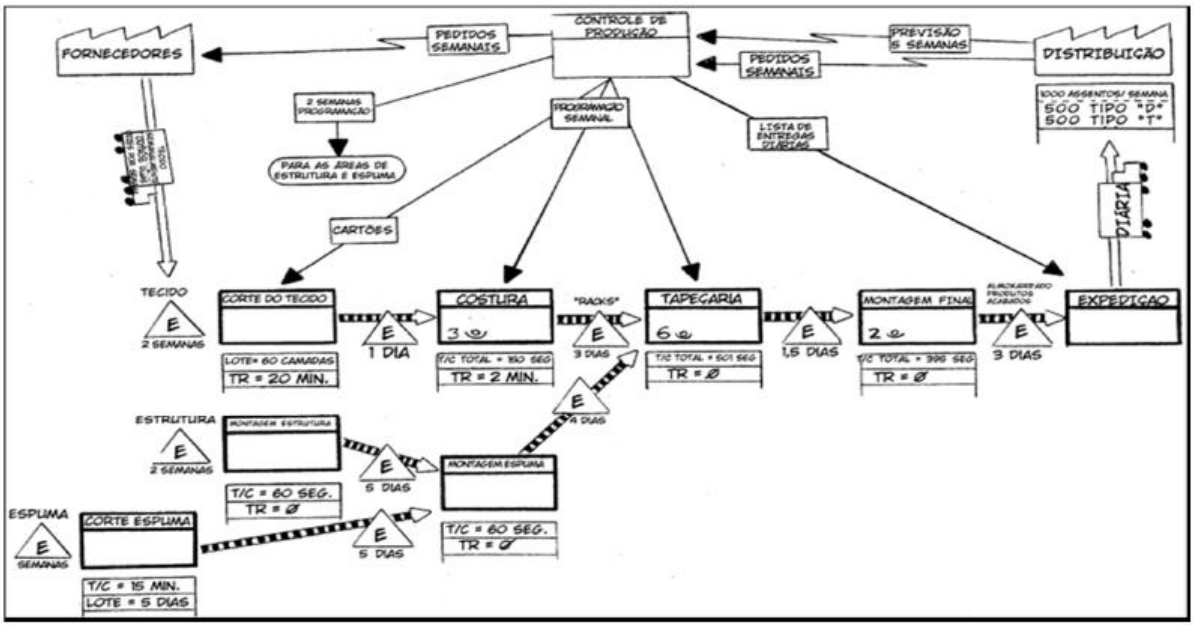

FIGURA 1 – MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR
FONTE: RENTES, A.(2000)

2.1. OS DESPERDÍCIOS DE UM PROCESSO PRODUTIVO

Um dos principais objetivos com a utilização da ferramenta MFV é a identificação de desperdícios, sendo assim, pode-se classificar as perdas em 7 (sete) diferentes formas de desperdício que foram identificadas pelo executivo da TOYOTA, Taiichi Ohno no início do século XX. Após a identificação destas perdas, o objetivo principal é a eliminação e o resultado adquirido é produzir mais com menos esforço, equipamento, espaço e tempo (GOMES FILHO, 2013).

De acordo com Corrêa e Gianesi (1996) os sete desperdícios são classificados da seguinte forma:

- Desperdício de processamento desnecessário: ocorre na medida em que são realizados esforços desnecessários ou tempos são gastos para o desempenho de atividades que não adicionam valor à cadeia. Exemplo: realização de vários testes sem objetivo específico;
- Desperdício de movimentação: Este tipo de perda está relacionada aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores ao executar suas atividades. A perda por movimentação é um dos desperdícios mais evidentes no estudo desenvolvido para este artigo e ao identificá-la pode-se perceber que boa parte da produção é prejudicada pelo excesso de movimentos desnecessários, que devem ser eliminados, pois não agregam valor algum ao processo produtivo. Exemplos: sistema de produção inadequado às características da produção e problemas de *layout*;

- Desperdício de estoque: significam desperdícios de investimento e espaço, são as perdas relativas a estoque de matéria-prima, material em processamento (*buffer*) e produto acabado. Sua redução deve ser feita através da eliminação da causa raiz que maquia a necessidade de manter o estoque. Exemplos: peças semiacabadas entre as operações e conjuntos parados sem previsão de pedido;
- Desperdício de transporte: o transporte é uma atividade que não agrega valor, e é considerada uma perda que deve ser minimizada ou até mesmo eliminada. Uma solução efetiva para solucionar este desperdício é a elaboração de um arranjo físico adequado, ou seja, desenvolver o melhor posicionamento físico dos recursos de transformação, definindo e organizando a localização de instalações, máquinas, equipamentos e as pessoas da produção (SLACK, 2002). Exemplo: materiais, peças e suprimentos que geralmente são movidos várias vezes antes de encontrar um local definitivo;
- Desperdício de defeito: Este tipo de perda é proveniente de produtos fabricados fora do padrão de qualidade, apresentando alguma não conformidade, que pode ser evitada com sistemas de controle do processo efetivos. Exemplo: perdas na produção, peças que necessitam retrabalho ou são sucatas, e perda de produtividade associada a um processo instável;
- Desperdício por espera: esta perda deriva-se de um intervalo de tempo ocioso, onde não ocorre nenhum processamento, transporte ou inspeção no processo produtivo. O produto semiacabado fica parado, aguardando para seguir em frente no fluxo de produção, ocasionando a formação de filas e altas taxas de utilização dos equipamentos. Exemplo: por liberações, por máquinas, fornecedores ou outros departamentos;
- Desperdício de excesso de produção: dentre todas as perdas, esta é a mais perigosa, pois é mais difícil de ser eliminada. Geralmente são originadas de problemas e restrições do processo produtivo, tais como: falta de coordenação entre a demanda e a produção quanto às quantidades e períodos para produzir determinado produto, grandes distâncias a percorrer com o material, devido um arranjo físico inadequado, o que ocasiona à formação de lotes para movimentação.

2.2. COMO ELABORAR UM MFV

Para a criação do mapeamento do fluxo de valor é necessária à utilização da sistemática de elaboração (figura 2), onde se preconiza que deve-se iniciar os trabalhos de mapeamento pelo estado atual da empresa, que nos remete ao desenho do fluxo de

como os trabalhos estão sendo realizados, a partir de dados coletados no chão de fábrica. Esses dados são necessários para o desenvolvimento do estado futuro, ou seja, um mapa com melhorias propostas que visam reduzir os desperdícios (ROTHER; SHOOK, 2003).

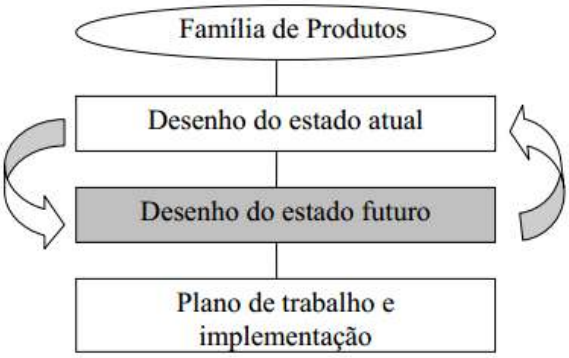

FIGURA 2 - ETAPAS DO MFV
FONTE: ROTHER E SHOOK (2003)

A parte da figura 2 competente à família de produtos é composta pela identificação do produto específico que o MFV irá focar, ou por grupos de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos anteriores (ROTHER; SHOOK, 2003).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

A linha básica de montagem de motores em questão, objeto de estudo deste trabalho, tem uma extensão de 105 metros, possui 31 estações de operação, 12 colaboradores e um arranjo físico em S (por questões estratégicas da empresa). A linha até o ano de 2010 fabricava dois modelos de motores (12 litros e 13 litros), como pode ser observado na figura 3 (abaixo), como algumas estações de trabalho eram especificas para a fabricação do modelo 12 litros, quando ocorria a passagem do modelo 13 litros estas estações ficavam ociosas, passando automaticamente o motor para a estação seguinte, até a chegada do mesmo no final da linha. Em Dezembro de 2010 encerrou-se a fabricação do modelo 12 litros e a linha começou a trabalhar apenas com a produção do motor 13 litros, todas as estações de trabalho pertencentes ao processo produtivo do motor 12 litros foram retiradas da linha de montagem, gerando um *buffer* desnecessário de 21 blocos entre as estações da linha de montagem e um aumento no tempo de escoamento dos motores entre algumas estações da linha em pontos específicos.



FIGURA 3 – TIPO DE MOTORES
FONTE: OS AUTORES

A linha de produção é subdividida em 3 áreas ou sistemas, conforme figura 4 (*layout* da linha), onde o sistema 1 é constituído pelas estações 640, 641, 642 e 643. Sendo que, todas elas fazem parte da linha principal, juntamente com a estação de pré-montagem 644 (atividade localizada paralelamente a linha principal). O segundo sistema compreende as estações 648, 649, 650 e 651, além da estação de pré-montagem 638 (localizada próxima à linha principal). E por fim, o sistema 3 que é composto por todas as estações da célula de trabalho denominada cabeçote (656, 658, 632, 659, 660A, 660B, 621) e as demais estações pertencentes à linha principal: 655, 662, 664, 672, 674, 675, 676, 677, 678, 679 e 680, além das estações de pré-montagens 670, 622A e 622B (situadas em paralelo com a linha principal).

A linha possui um *takt time* de 10 minutos e um *Lead Time* de 6,44 horas, a mesma trabalha de forma puxada e o escoamento dos motores é realizado através de esteiras rolantes (transportador), onde o funcionamento das mesmas é controlado por uma central interligada, ou seja, quando a central é iniciada a esteira se mantém em funcionamento constante.

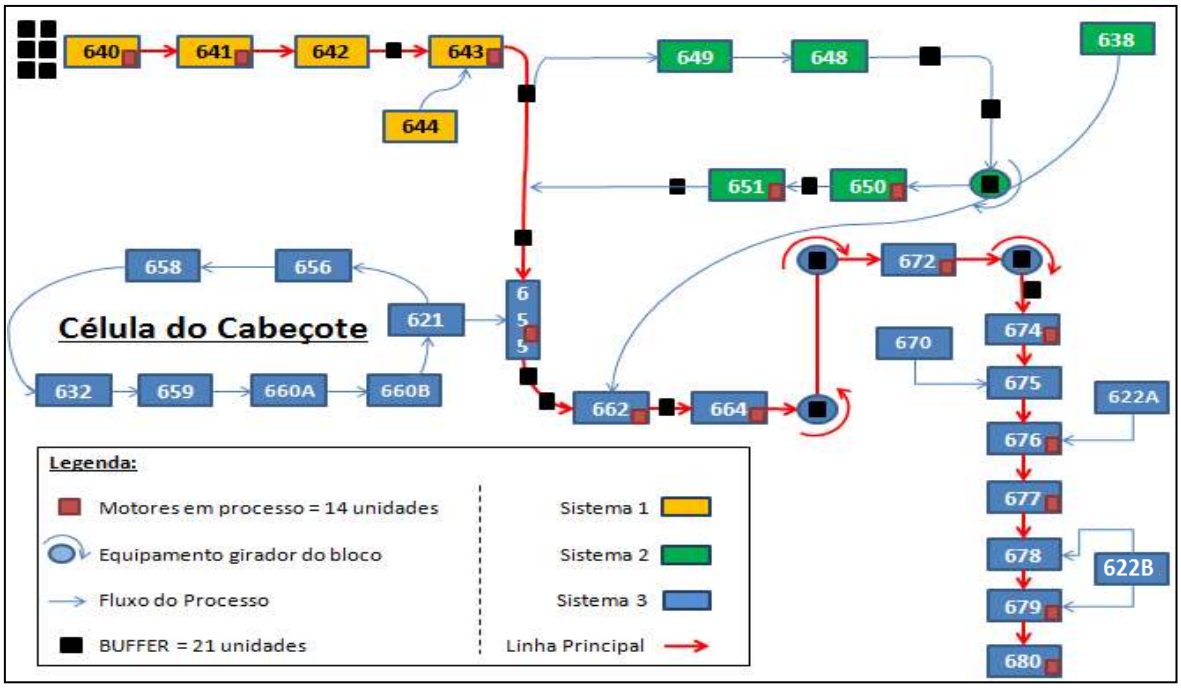

FIGURA 4 - *LAYOUT* DA LINHA
FONTE: OS AUTORES

Para que este estudo torne-se mais incisivo e objetivo, se faz necessário o desenvolvimento deste trabalho sobre as estações críticas do processo produtivo, que necessitam de medidas eficazes para elevar a produtividade e diminuir os constantes desperdícios, a estação 650 que é o gargalo da linha de produção e a estação 640 que possui um elevado índice de *buffer* desnecessário.

3.1. VIABILIDADE DO PROJETO AGC - ESTAÇÃO 640

Através de pesquisas realizadas com o objetivo de sanar o desperdício de *buffer* desnecessário, optou-se pela implantação de um carrinho AGC (Carrinho Guiado Automaticamente), que realiza o abastecimento do bloco oriundo da usinagem na estação 640, dando início ao processo produtivo de montagem de motores da linha básica. A tecnologia de elaboração do AGC é detida pela empresa estudada, sua lista de componentes e peças bem como os custos dos mesmos, não poderão ser estratificados, pois a empresa se reserva no direito de não divulgar maiores detalhes por questões de competitividade de mercado.

O investimento financeiro global do projeto AGC na estação 640 é de R$ 50.000,00, esse investimento está relacionado apenas à aquisição das peças e componentes necessários para a construção do carrinho, já que a fabricação do mesmo

é realizada pelo departamento de Engenharia de Projetos da Manutenção que detêm o conhecimento da tecnologia AGC, sendo assim, não se considera o valor da hora de mão de obra nos custos do projeto.

Os ganhos com a implementação do AGC são a diminuição de 6 blocos de motores (*buffer*) na estação 640, cada bloco de *buffer* em processo representa para a empresa um custo anual de R$ 2.384,00, o ganho total com essa melhoria é de R$ 14.304,00/ano. Com a implementação do AGC, a estação 640 será totalmente automática, com isso o operador além de atender este posto, e as demais estações do seu ciclo de trabalho (641, 642 e 643), será responsável também pelo posto de trabalho 644.

Outro ganho importante ocorre através do balanceamento das estações de trabalho (644, 649, 662 e 638), que proporciona um ganho de 0,25 operador da estação 640, 0,25 operador de empilhadeira e 1 operador da estação 644. Cada operador representa um custo anual de R$ 68.400,00 para a empresa, com isso o ganho total de mão de obra com a melhoria é de R$ 102.600,00/ano. Sabe-se que fisicamente 1,5 operador é impossível, porém, como existem várias atividades sendo executadas por um mesmo trabalhador, deve ser considerado esse ganho de 0,5, pois, ele deixará de executar uma atividade e passará a executar outras tarefas nas demais estações.

4. RESULTADOS

4.1. SITUAÇÃO ATUAL E FUTURA ESTAÇÃO 640

Antes de o bloco entrar na estação 640, existe um departamento responsável pela geração de pedido de produção, o PCP (Planejamento e Controle da Produção), que é responsável pelo cadastro do tipo de motor e quais componentes farão parte do mesmo no sistema de gerenciamento de produção da Empresa. Após este cadastro, uma ordem de produção (OP) é gerada, e cada bloco recebe um número de identificação (ID), que garante a conformidade do processo (a partir desta etapa, o bloco já é considerado motor) e a rastreabilidade do motor ao longo de seu processamento na linha.

Esta estação é o início do processo mapeado, é considerada uma estação semiautomática, onde o motor entra na linha e é verificado de acordo com a OP qual o tipo de potência será fabricado, e, com o auxilio de uma talha, o operador apanha o bloco e posiciona sobre a base do bloco responsável pela movimentação do motor na linha. Em seguida, é acoplado ao bloco o ID pertinente gerado anteriormente. Este posto de trabalho possui um *buffer* de processo de 6 (seis) blocos na entrada, onde o

abastecimento é de responsabilidade do operador de empilhadeira. O tempo de ciclo desta estação é de 2,8 minutos, onde o tempo máquina é de 1,0 minuto e o tempo homem (tempo de abastecimento dos blocos) é de 1,8 minutos.

Após a aplicação do MFV para a linha básica, com o mapeamento da estação 640, observou-se a existência de um desperdício elevado com movimentos desnecessários de material (bloco do motor), principalmente envolvendo empilhadeira e talha elétrica. Através da implementação do AGC e o conceito *One Piece Flow (*que quer dizer fluxo de uma peça por vez), conseguiu-se criar um fluxo contínuo de transferência de blocos entre as áreas de usinagem e montagem, eliminando o *buffer* de 6 motores que havia na estação com o mínimo manuseio de material. A atividade de colocação do ID foi transferida para a área de usinagem, com isso o bloco chega na estação e segue para o processo de montagem sem interferência do operador. A atividade de transporte do bloco até a estação está totalmente automatizada com a utilização do AGC, como pode ser observado nas figura 5 abaixo. Ao chegar no posto de trabalho o AGC realiza a descarga do bloco com o ID acoplado na lateral.



FIGURA 5 – EQUIPAMENTO AGC
FONTE: OS AUTORES

A redução dos desperdícios de movimentação desnecessária e buffer de armazenamento possibilitaram que o tempo de ciclo da estação que era de 2,8 minutos, fosse reduzido para 1,5 minutos, devido à total automatização do processo produtivo na estação 640 com a utilização do AGC.

O gráfico da figura 6 demonstra além da redução significativa do TC (tempo de ciclo) da estação, um comparativo entre os estados atual e futuro - AGC, expondo o percentual pertinente entre as atividades mapeadas que agregam, semi agregam e não agregam valor ao processo produtivo de montagem de motores da linha básica.

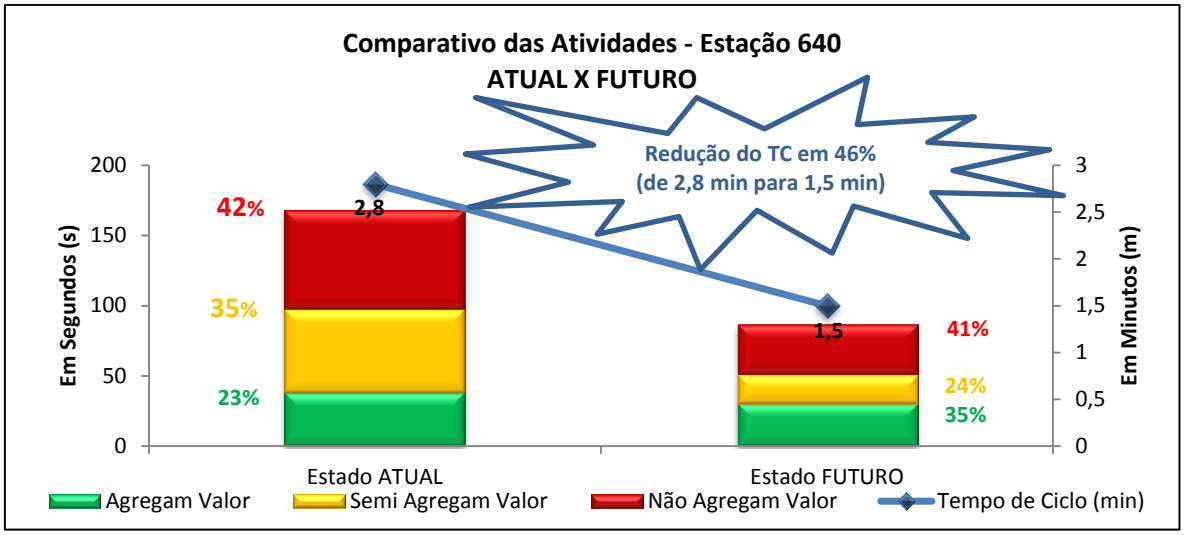

FIGURA 6 - COMPARATIVO DAS ATIVIDADES ATUAL E FUTURO NA ESTAÇÃO 640
FONTE: OS AUTORES

Em síntese, a estação 640 obteve através da utilização do MFV a identificação, minimização e/ou eliminação dos principais causadores de perdas no processo produtivo deste posto de trabalho, através da realização do estudo de caso, possibilitando assim, as seguintes melhorias para a estação:

- Eliminação dos desperdícios de movimentos desnecessários do material (bloco do motor);
- Criação de um fluxo contínuo de transferência de blocos entre a área de usinagem e área de montagem;
- Eliminação do *buffer* de 6 motores que havia na estação;
- Redução do tempo de ciclo da estação de 2,8 minutos para 1,5 minutos;
- Automatização do processo;
- Redução do tempo de movimentação do operador (caminhada) em seu ciclo de abastecimento de 50 segundos/ciclo para 16 segundos/ciclo;
- Elaboração de um novo ciclo de abastecimento para o operador, com a eliminação da mão de obra da estação 640, redução pertinente a 0,25 operador;
- Redução de 0,25 operador logístico, que era responsável pelo abastecimento dos blocos na estação 640.

4.2. ESTADO ATUAL E FUTURO DA ESTAÇÃO 650

Este posto de trabalho é considerado o gargalo da linha de produção, e é responsável pela montagem das bronzinas, das capas dos mancais, as bronzinas das

capas das bielas, as bronzinas das bielas, a lubrificação de todas as bronzinas, a montagem e aperto dos *jet-collers* (peça responsável pela lubrificação dos pistões), a montagem do virabrequim, e a união das capas dos mancais com o virabrequim e os mancais, bem como a união das capas das bielas com o virabrequim e as bielas.

Esta estação é uma estação de trabalho semi automática, com um pequeno percentual de tempo sendo realizado pelo equipamento (atividade de sacar as capas dos mancais). O tempo de ciclo da estação é de 9,2 minutos, onde o tempo máquina é de 1,2 minutos e o tempo homem é de 8,0 minutos.

O objetivo principal em se mapear esta estação gargalo é eliminar duas fontes de desperdício importantes que impactavam diretamente na produtividade da estação, e foram identificadas através de uma análise crítica do MFV e acompanhamento em linha de montagem:

- Utilização de máscara de acrílico para guiar a apertadeira no parafusamento e desparafusamento dos parafusos dos mancais do bloco (figura 8): verificou-se que não havia necessidade de utilização desta máscara, ao contrário, ela atrapalhava na execução da atividade na estação. Com sua retirada do processo, houve uma redução de 45,9 segundos no tempo de ciclo;
- Espera pela liberação do sistema de gerenciamento para abrir a instrução de trabalho (tempo de espera 10 segundos).

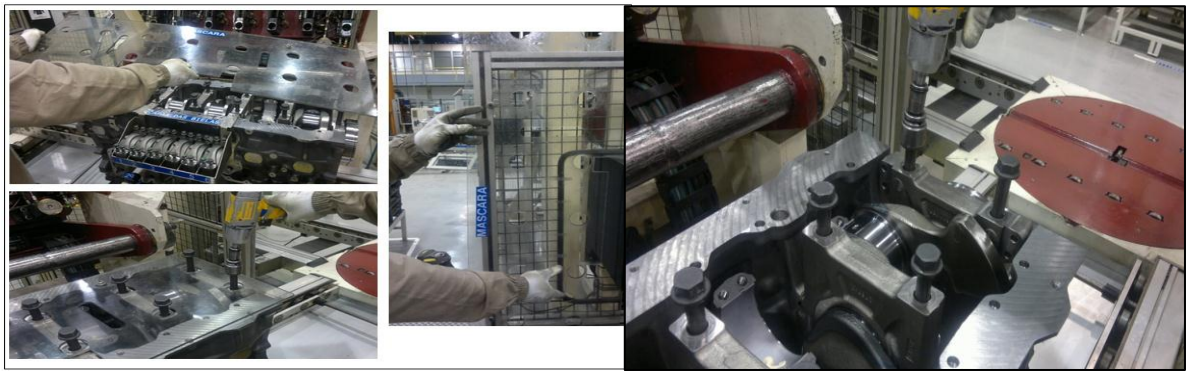

FIGURA 7 - FOTO COMPARATIVA ESTAÇÃO 650
FONTE: OS AUTORES

As atividades de utilização das máscaras de acrílico (figura 7) foram removidas da instrução de trabalho do operador, desta forma, conseguiu-se um aumento de produtividade com o mesmo tempo de produção disponível, um total de 4,8 motores no primeiro turno (este valor é um ganho de produtividade diário).

Diante de todas estas modificações, se reduziu o tempo de ciclo da estação de 9,2 para 8,2 minutos, como pode ser observado na figura 8, juntamente com um comparativo entre os estados atual e futuro das atividades mapeadas que agregam, semi agregam e não agregam valor ao processo produtivo do posto de trabalho 650.

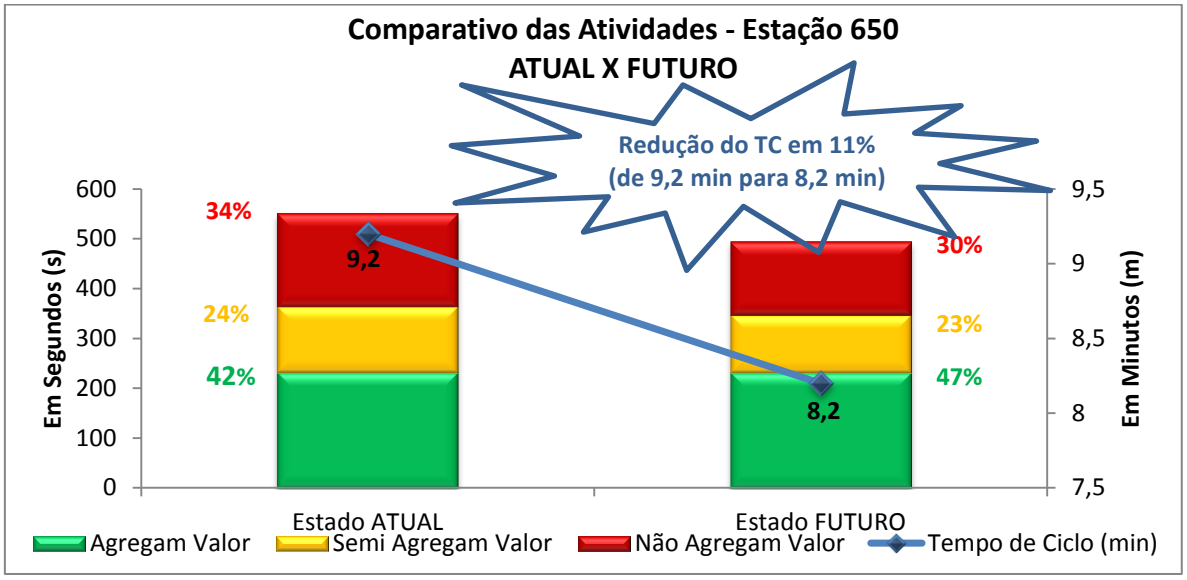

FIGURA 8 - COMPARATIVO DAS ATIVIDADES ATUAL E FUTURO NA ESTAÇÃO 650
FONTE: OS AUTORES

Ao realizar uma análise crítica levando em consideração a produção anual, com a implantação das oportunidades de melhoria para a estação 650, a mesma deixará de produzir 12.480 motores/ano para produzir 13.728 motores/ano, um aumento de produção de 10% ao ano para a estação.

Podem-se resumir as melhorias identificadas com a utilização da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor na estação 650 como sendo:

- Eliminação da atividade de colocação da máscara de acrílico para parafusar e desparafusar os parafusos dos mancais, com isso houve uma redução de 45,9 segundos no tempo de ciclo da estação;
- Eliminação do desperdício de espera na estação por uma nova engenharia de método, onde ao invés do operador aguardar a liberação do sistema de gerenciamento para abrir a instrução de trabalho e começar a executar as suas atividades de montagem na estação, ele realiza o levantamento das bielas enquanto o sistema de gerenciamento abre a instrução de trabalho. Com isso se teve uma redução de mais 10 segundos no tempo de ciclo da estação;

- O tempo de ciclo da estação foi reduzido de 9,2 minutos para 8,2 minutos (como já observado anteriormente);
- Aumento da capacidade de produção da estação no 1º turno em 10%.

5. CONCLUSÃO

Com o mercado cada vez mais globalizado, as organizações estão buscando meios e ferramentas com propósitos concretos, que demonstrem a real necessidade de investir tempo e recursos em seus processos de maneira enxuta. Por isso, mapear o fluxo dos processos com o objetivo de identificar os pontos que agregam valor, eliminando o desperdício, é uma alternativa viável e segura economicamente, quando se trata de reduzir custos aumentando a produtividade e competitividade.

A realização deste projeto com base nos princípios da filosofia da Produção Enxuta demonstra que a ferramenta do mapeamento do fluxo valor desempenha um papel importante de auxílio na identificação, análise e eliminação de desperdícios contidos em um processo produtivo, melhorando o fluxo da produção com consequente aumento de produtividade. Ao se mapear o fluxo de valor da linha de montagem de motores, observou-se a existência de ociosidade de mão de obra, perdas no processo referente aos deslocamentos e movimentos desnecessários, além da existência de um elevado *buffer* de armazenamento no início do processo produtivo, gerado devido às mudanças realizadas na linha ao longo dos tempos. Assim, que estas perdas foram identificadas, no desenho do estado atual, a preocupação maior era eliminá-las e todos os esforços foram focados para esta ação. Com isso obteve-se uma redução no *Lead Time* de 6,44 horas para 5,44 horas, aumentando a competitividade da empresa estudada, pois, possibilitou a entrega de seus produtos ao seu cliente interno em um intervalo de tempo reduzido, com consequente redução dos custos de fabricação.

Com a execução deste projeto, conclui-se que este trabalho alcançou todos os objetivos e metas as quais o mesmo foi proposto e que a ferramenta do MFV é de extrema importância e pode ser considerada um diferencial estratégico, na empresa estudada esta ferramenta é altamente utilizada e revisada a cada 8 meses, pois, o MFV é uma ferramenta de melhoria contínua para se conquistar cada vez mais níveis maiores de eficiência, eliminando gradativamente os desperdícios.

6. REFERÊNCIAS

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GOMES FILHO, Natanael. **Princípios Lean e os Sete Desperdícios: uma forma de reduzir custos.** Disponível em: < http:// www.qualidadebrasil.com.br /artigo/administracao/principios_lean__os_sete_desperdicios_uma_forma_de_reduzir_custos>. Acesso em: 09/11/2013.

RENTES, A. F. (2000). TransMeth – **Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas**. Tese de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

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

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.