

**UM ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE MANUFATURA ENXUTA EM UM
PROCESSO DE FRESAGEM CNC**

JEFFERSON DE SOUZA PINTO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP)

RAFAEL APARECIDO CARLEVATTO MASSONI

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO (IFSP)

Agradecimento à órgão de fomento:

-

UM ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE MANUFATURA ENXUTA EM UM PROCESSO DE FRESAGEM CNC

1. INTRODUÇÃO

As organizações enfrentam os desafios de mercado, onde menores preços aliados a uma boa qualidade, são requisitos básicos para se diferenciar da concorrência. Devido a este cenário de mudança a Manufatura Enxuta, oriunda do sistema Toyota de produção o qual foi desenvolvido em um período pós guerra e de recursos físicos, materiais e humanos escassos, visa maximizar a utilização destes por meio da minimização de perdas, este método foi criado em resposta ao ambiente de negócios flutuante e competitivo. (SUNDAR, BALAJI e KUMARK, 2014).

Shingo (1996) define perda, como qualquer atividade que não contribui para as operações. Ele também subdivide as operações em duas partes: (1) as que agregam valor transformando realmente a matéria prima; (2) as que não agregam valor como a busca por componentes.

Slack, Chambers e Johnston (2009) afirmam que a filosofia enxuta é vista como um sistema total, a qual traz diretrizes que incluem todos os funcionários e todos os processos. Este sistema incentiva a resolução de problemas em equipes, com intenção de encorajar um alto grau de responsabilidade e engajamento no trabalho.

Por meio da visão da manufatura enxuta este trabalho tem como objetivo aplicar os conceitos de Manufatura Enxuta para melhoria de um processo de fresagem por Comando Numérico Computadorizado (CNC) em uma empresa de autopeças.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Sistema Toyota de Produção (STP)

No período de sua concepção, após visitas às fábricas da Ford, que desenvolvia o sistema de produção em massa, método este que transformou o modo de produção artesanal em industrializado, Eiji Toyoda e seu engenheiro de produção, Taiichi Ohno, perceberam que este tipo de conceito não se aplicaria ao Japão, uma vez que havia um mercado doméstico limitado que demandava uma vasta gama de veículos e com um volume baixo, além dos recursos materiais e humanos escassos que implicavam na necessidade de se obter eficácia em todos os processos para a sobrevivência econômica da empresa (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Para tanto, assim como acreditava Ohno (1997), que “a necessidade é a mãe da invenção”, se aproveitando da metodologia de linha de montagem contínua da Ford, com os conceitos de intercambiabilidade e implementando o combate ao desperdício ao longo do processo por meio do conceito de demanda puxada, desenvolveu-se o Sistema Toyota de Produção (STP), que visa o fluxo unitário de peças, estoque zero e parcerias sólidas com fornecedores (WOMACK e JONES, 2004; GRAVA e ARAUJO, 2015).

Neste sentido, a eliminação dos desperdícios, preconizada pelo STP, se torna uma tarefa diária, a fim de erradicar quaisquer atividades que não agreguem valor para as operações, estas, que devem ser identificadas e eliminadas. Na literatura, retratam-se os sete desperdícios: (1) Superprodução; (2) Espera; (3) Transporte; (4) Processamento; (5) Estoque; (6) Movimento; e (7) Produtos defeituosos (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

Diante de tantos processos a serem repensados e/ou eliminados, duas ferramentas corroboram para a sustentação da absoluta eliminação dos desperdícios que é o uso do *Just in*

Time (JIT) e Autonomiação ou Jidoka (também chamado de automação inteligente ou automação com um toque humano), são pilares da Sistema Toyota de Produção.

2.1.1. *Just in Time* (JIT)

O conceito do *Just in Time* (JIT) objetiva atender de forma dinâmica e instantânea à variada demanda do mercado, considerando que as partes de um todo atinjam a linha de montagem somente quando necessário, para seu acoplamento ao produto, na quantidade e locais esperados, evitando estoques intermediários entre os processos. Para tal, envolve o fluxo de produção contínuo cujo objetivo é atender o cliente (interno ou externo) com qualidade, prazo e custo desejado, o que exige uma perfeita conexão e sincronismo entre todos os processos, fornecedores e distribuidores (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; GLASER-SEGURA, PEINADO e GRAEML, 2011).

Para tanto, a redução dos níveis de estoque, tempos de *setup*, tamanhos dos lotes e flexibilização da manufatura são alguns dos objetivos da aplicação do JIT. A ideia de produção com estoque zero, por exemplo, propicia a economia, uma vez que evita o capital inerte nos estoques, bem como possibilita a melhoria contínua por evidenciar as falhas no processo produtivo. Ao se “consumir” imediatamente os itens recém produzidos é possível identificar falhas que somente se sobrepujam na montagem final e os gargalos da produção antes mascarados pelos estoques (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; GUIMARAES e FALSARELLA, 2008).

2.1.2. *Kaizen*

O termo *Kaizen*, originário da língua japonesa, se compõe pela junção de duas palavras *KAI* (mudar) e *ZEN* (melhor), portanto, esta palavra remete-se à mudança para melhor. Sob a ótica do STP é considerado tanto um técnica, quanto uma filosofia, o *Kaizen* representa a melhoria contínua que prima pela busca por pequenas melhorias de forma contínua e incremental, a fim de combater o desperdício e agregar valor ao produto, independentemente se tais medidas forem dentro da empresa ou com fornecedores, elas se tornam atrativas por serem em boa parte, de baixo custo e fácil implantação (WOMACK e JONES, 2004; MIYAKE, 2008).

Neste sentido, ao sanar as falhas do processo como um todo e eliminando os desperdícios em uma batalha diária e interminável, tem-se como resultado uma empresa que reage melhor às necessidades do cliente, operando com uma performance mais eficiente (ORTIZ, 2010).

2.1.3. Melhoria de *layout*

A fim de garantir o melhor fluxo produtivo e de informações, a organização do arranjo físico ou ainda denominado de *layout*, que pode ser definida como a disposição de equipamentos máquinas e homens no ambiente fabril e suas possíveis relações que permitem que interações entre elementos e processos sejam moldados gerando um fluxo eficiente e eficaz de recursos ao longo da cadeia produtiva (SOTSEK e BONDUELLE, 2016)

Para tanto, as melhorias de *layout* devem ter como objetivos: a redução do *lead time* (tempo entre o pedido do produto até a sua entrega), tornar mais eficiente a utilização do espaço físico da empresa e o fluxo de trabalho, flexibilizar as operações, melhorar o fluxo de informações e diminuir o custo do tratamento de materiais (SANTOS *et al.*, 2018).

Nesse sentido, um bom *layout* maximiza a produção por meio da menor distância e menor tempo possível, propiciando um ambiente mais saudável e seguro, com maior

produtividade e menor tempo entre o pedido até a entrega do produto (SOTSEK e BONDUELLE, 2016; SANTOS *et al.*, 2018).

2.1.4. Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

A fim de aumentar a eficiência do sistema produtivo e a competitividade, ultimamente, várias empresas buscam maneiras de diminuir o tempo total de produção de um produto por meio da adequação do *setup*.

Segundo Shingo (1996), o *setup* pode ser decomposto em quatro funções necessárias para sua realização que representam uma porcentagem do tempo total da ação para o início do processo, que são: (1) preparação da matéria prima- 30%; (2) fixação e remoção de matrizes e ou ferramentas- 5%; (3) centragem e determinação das dimensões das ferramentas- 15%; (4) Processamento inicial e ajustes- 50%.

Para tanto, a adoção da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é a maneira mais eficaz de aperfeiçoar o *setup* (FOGLIATTO e FAGUNDES, 2003). Shingo (1996) formulou este conceito de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), em que qualquer *setup* poderia ser realizado em menos de 10 minutos, auxiliando a Toyota com seu objetivo de operar com estoque zero, uma vez que, de acordo com Fogliatto e Fagundes (2003, p. 164), “quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes, aumentando o investimento em estoques”.

De acordo com Shingo (1996), as oito principais técnicas de TRF para redução do tempo de *setup* são: (a) Separação das operações de *setup* interna e externa; (b) Conversão de *setup* interno em externo; (c) Padronizar a função e não a forma; (d) Utilizar Grampos Funcionais ou eliminar grampos; (e) Usar dispositivos intermediários; (f) Adotar Operações Paralelas; Eliminação de ajustes; (g) Mecanização.

Assim, diante de um cenário com uma carta de produtos diversificados, demanda em pequenos e médios lotes e por consequência, tempo de *setups* aumentados, por meio de uma análise de tempos e movimentos, a implementação da técnica de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é o meio pelo qual o STP atinge o objetivo de fluxo unitário de peças, viabilizando a redução dos lotes, diminuindo os custos com estoques, bem como com o retrabalho de peças, a um custo de preparação da produção (*setup*) mínimo.

2.1.5. Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV) é uma técnica que busca facilitar a visualização do processo de produção com o intuito de identificar e eliminar as perdas encontradas no processo produtivo, criando um fluxo de valor contínuo. Este que se trata de toda ação, que agrega ou não valor, necessária para trazer um produto por todos os processos essenciais, seja por meio do fluxo de produção, desde a matéria prima até os braços do consumidor, ou pelo fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento (ROTHER e SHOOK, 2012; ROYER, FERREIRA e SANTOS, 2016).

Portanto, a função principal do MFV é atingir um fluxo produtivo com adição de valor de forma contínua, eliminando falhas no processo, tornando-se possível a produção nivelada, a fim de eliminar os estoques, reduzir o *Lead time*, atender as especificações dimensionais e aumentar o fluxo de valor na cadeia produtiva, viabilizando assim a produção puxada. Para sua aplicação prática, escolhe-se uma família de peças de forma a expandir este procedimento a outros itens de forma gradual.

3. MÉTODO

O método utilizado neste trabalho é classificado, primeiramente, como indutivo, isto significa que, de acordo com Marconi e Lakatos (2017), a partir de pressupostos concretos e específicos, o pesquisador chega a conclusões mais gerais. Desta forma, o objeto deste estudo que é o aperfeiçoamento de um processo de usinagem é classificado dentro de uma categoria ou constatação conhecida, neste caso a Manufatura Enxuta e os princípios do Sistema Toyota de Produção, permitindo, a partir de análises estabelecer conclusões sobre a aplicabilidade dos conceitos levantados previamente.

Sob o aspecto da natureza, o trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, uma vez que este tipo se objetiva a aplicação prática dos conhecimentos a fim de solucionar problemas específicos que envolvem interesses locais (PRODONOV e FREITAS, 2013).

As classificações apresentadas tratam da estratégia do método, ou ainda, o que deve ser feito, contudo, ainda existe a técnica, esta que se preocupa com a tática ou como será feito (MAZUCATO *et al.*, 2018). Neste trabalho, a classificação sob o ponto de vista dos procedimentos técnicos, em vista de sua natureza aplicada, utilizou-se o Estudo de Caso, que de acordo com Severino (2007), se concentra no estudo de um caso particular significativo e bem representativo, como será apresentado a seguir por meio do processo de aperfeiçoamento da manufatura às luzes da Manufatura Enxuta. O estudo de caso, portanto, se dedica à investigação de “um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente, quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes” (YIN, 2015, p. 17). Neste sentido, este trabalho busca explicar e interpretar fatos que ocorrem, promovendo um aprofundamento no assunto conhecido e mencionado em outras ocasiões, como o Sistema Toyota de Produção.

Ainda sobre a técnica utilizada para direcionar o trabalho, pode-se classificar os objetivos, que assume o caráter exploratório, uma vez que, por meio de um levantamento bibliográfico, há uma aproximação com o objeto de estudo (MARCONI e LAKATOS, 2017); e descritivo, pois objetiva a descrição e análise de um estudo de caso, baseando-se, prioritariamente, nos dados quantitativos coletados, cujo significados convergem para o estreitamento da relação com a problemática levantada pela pesquisa, por meio da análise de um fato específico (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Por fim, tem-se a classificação de acordo com a abordagem do problema, que é qualitativa, pois mesmo que se utilizando de dados numéricos, este estudo se preocupará mais com a interpretação e compreensão do objeto, e não possuirá foco em conceitos estatísticos, entendendo, portanto, que a análise dos resultados ocorre por indução (PRODONOV e FREITAS, 2013).

No tocante ao objeto de estudo se trata de uma empresa do ramo automobilístico de abrangência internacional, que visa abranger um portfólio de produtos extenso e diversificado. Sempre buscando atender seus clientes com qualidade, preço e prazo desejado.

As ações que promovem o contexto descrito são aquelas que, além de garantir a qualidade do produto, também primam pela produção em menor tempo, com menos recursos. Este contexto, portanto, torna-se relevante sob o ponto de vista empresarial, uma vez que traz à tona a eficiência da implantação de ações que são congruentes à filosofia do Sistema Toyota de Produção, garantindo uma redução de desperdícios na linha produtiva, a fim de alcançar as metas da empresa.

Com o objeto de estudo contextualizado, ainda é necessário retratar o processo no qual este trabalho entrevistou: o Fresamento CNC de bigornas - procedimento realizado em um centro de furação da marca HAAS, como mostra a Figura 3.2 sob uma linguagem G de programação, via *software Creo Parametrics 4.0*, que realiza desenhos tridimensionais com base matemática de itens, sendo um *software* modular (onde se acrescenta os recursos desejados) tendo em um de seus módulos a manufatura assistida por computador, por meio do qual se faz a programação da fresadora CNC.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Panorama

Com o objeto de estudo contextualizado, ainda é necessário retratar o processo no qual este trabalho interviu: o Fresamento CNC de bigornas - procedimento realizado em um centro de furação da marca HAAS, sob uma linguagem G de programação, via *software Creo Parametrics 4.0*, que realiza desenhos tridimensionais com base matemática de itens, sendo um *software* modular (onde se acrescenta os recursos desejados) tendo em um de seus módulos a manufatura assistida por computador, por meio do qual se faz a programação da fresadora CNC.

4.2. Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

Por meio do Mapa de Fluxo de Valor (MFV) é possível verificar o estado atual e futuro, a fim de direcionar os esforços aos pontos em que se observa o desperdício ou não agregação de valor ao cliente.

4.2.1. Mapa de estado atual

Diante da observação do processo produtivo de fresagem de bigorna e, portanto, no Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual, verificou-se um ponto de melhoria em relação ao *setup* interno, definido por Shingo (1996), como operações de *setup* que são executadas somente quando a máquina está parada.

Conforme verificado no Quadro 1, o tempo médio para a produção de um lote mínimo (2 peças) foi em torno de 16 minutos, sendo composto pela usinagem que demanda aproximadamente 7 minutos. Pode-se observar que mais de 50% do tempo despendido nesta atividade se caracteriza por procedimentos de *setup* (rebarbar, dimensionar, gerar programa de código G e embalar), sendo estes, em sua maioria, realizados com a máquina parada, ou seja, caracterizado como *setup* interno.

Quadro 1 - Indicadores de desempenho antes da melhoria ser realizada.

Indicador	Antes
Quantidade média produzida por dia	65 unidades
Tempo de usinagem por barra (2 unidades)	6,6 (minutos)
Tempo de trabalho diário	9 Horas
Tempo de ciclo (2 unidades)	16,6 minutos
Tempo de setup por ciclo (2 unidades)	10 minutos

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Neste sentido ao analisar o Quadro 1, converter parte ou a totalidade deste *setup* interno, que dura mais de 50% do total do processo de manufatura, em *setup* externo é apontado como uma ação de melhoria que visa a eliminação de desperdícios de tempo, além da redução do custo hora/homem na realização da manufatura.

4.2.2. Mapa de fluxo de valor do estado futuro

Definido o Mapa do Estado Atual e apontadas as falhas no processo e suas origens, parte-se para o mapeamento do estado futuro, cujo objetivo é o apontamento das melhorias em

potencial. Tais ações, por vezes não necessita de grandes incrementos para que a agregação de valor seja aumentada ou simplificada, a fim de se constituir um cenário ideal, no qual exista eficiência e qualidade (CADIOLI e PERLATTO, 2008).

Na operação analisada, destacam-se dois pontos a serem trabalhados: o *setup* interno e a baixa autonomia da máquina. Tais destaques impactam negativamente na eficiência do processo de manufatura, pois o operador gasta muito tempo em inúmeras intervenções, como a preparação da execução da Ordem de Fabricação (OF) e uma série de procedimentos como inspeção, remoção das rebarbas e embalagem da peça para seguir aos processos posteriores.

4.2.3. Plano de ação

Com a análise das matérias primas foi desenvolvido, portanto, um dispositivo semelhante a uma “bandeja” que possibilita a mudança do *layout* de fixação das matérias primas (*blanks*), para a usinagem da maior parte das bigornas. Por sua vez, cabe destacar que algumas dimensões muito diferenciadas, devido à baixa demanda, um pequeno grupo de bigornas ainda continua sendo executado na morsa mecânica.

O desenvolvimento deste dispositivo possibilitaria a ação de um *setup* externo e a flexibilidade de trabalhar com até 12 componentes distintos ao mesmo tempo, sendo capaz de realizar um *setup* em menos de 10 minutos por parte do operador, se enquadrando na Troca Rápida de Ferramentas.

4.2.4. Execução de melhoria

Na Figura 1, onde pode-se observar duas bandejas intercambiáveis para a fixação dos *blanks* (a esquerda da imagem), uma base a ser fixa na mesa da máquina (a direita da imagem), duas régua de encosto (montadas na base fixa), 24 cunhas para o *blank* A, 12 cunhas para *blank* B e 6 cunhas para o *blank* C.



Figura 1 - Dispositivo de setup rápido.
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

4.2.5. Kaizen

Com o dispositivo pronto, dedicou-se um dia para a sua implantação e teste. De acordo com o observado na Figura 2, para a montagem e fixação dele na máquina foi necessária uma hora devido a mudança de posicionamento da morsa e definição junto a equipe do melhor *layout*.

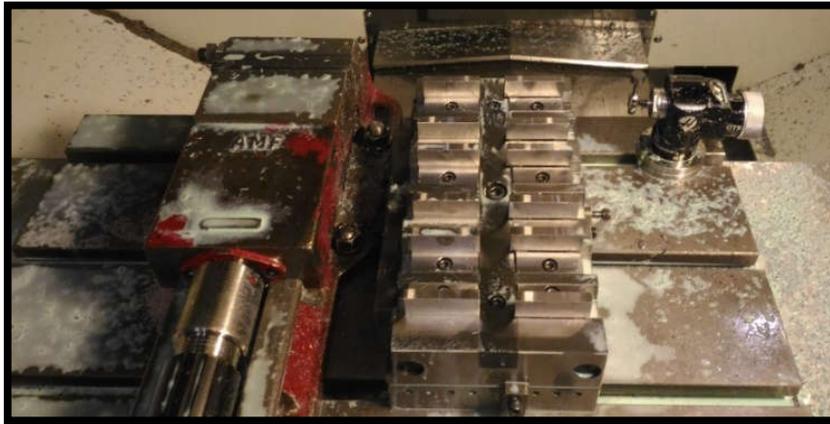


Figura 2 - Dispositivo instalado na máquina.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O tempo de execução destas atividades diminuiu, sendo apresentadas as informações coletadas *in loco* no Quadro 2.

Quadro 2 - Indicadores de desempenho depois da melhoria implantada.

Indicador	Depois
Quantidade média produzida por dia	144 unidades
Tempo de usinagem por barra (2 unidade)	6,6 (minutos)
Tempo de trabalho diário	9 Horas
Tempo de ciclo (24 unidades)	90 minutos
Tempo de setup por ciclo (24 unidades)	6 minutos

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Pode-se observar que, apesar do tempo do ciclo ter aumentado, há um aumento de itens produzidos em relação ao Quadro 2, uma vez que, após a melhoria, passou-se a produzir 24 itens em um ciclo, por sua vez, antes, produziam-se 2 itens por ciclo.

5. RESULTADOS GERAIS

Com a introdução do dispositivo, além de todo *setup* passar a ser feito externamente à máquina, mais peças começaram a ser produzidas ao mesmo tempo. Portanto, houve uma diminuição do consumo hora/máquina e hora/homem para produção de cada peça. Antes do evento *Kaizen*, realizava-se um ciclo a cada 6,61 minutos com a produção de 2 peças e parada de cerca de 8 minutos de *setup* interno. Por sua vez, após a aplicação do dispositivo, cada ciclo continuou sendo realizado no mesmo período, como apresenta a Figura 3 o tempo calculado pelo CAM para a usinagem de um *blank* (duas bigornas), porém, a parada de *setup* interno passou a ocorrer após 12 *blank*, ou seja, 24 peças.

Neste sentido, o dispositivo tornou possível ciclos mais extensos e a transformação em *setup* externo de procedimentos como: troca das barras, rebarbação, inspeção de todas as peças e a programação no CAM de outros *part numbers* dos lotes subsequentes. Além disto, ressaltase a maior autonomia da máquina que permitiu o seu funcionamento em horários em que o operador está ausente, como por exemplo, no horário de almoço.

Name	Machining Ti...	Status	Type	Workcell	Tool
O00100	6.6110 345645...	-	OPERATION	MILL01	
FACE_MILLING_1	0.0709	-	FACE MILLING		T0001
VOLUME_MILLI...	3.94058834567...	-	VOLUME MILLING		T0001
PROFILE_MILLIN...	0.69148553934...	-	PROFILE MILLING		T0004
FACE_MILLING_4	0.15132	-	FACE MILLING		T0002
PROFILE_MILLIN...	0.80001692550...	-	PROFILE MILLING		T0002
FACE_MILLING_2	0.19144079885...	-	FACE MILLING		T0003
PROFILE_MILLIN...	0.38263086366...	-	PROFILE MILLING		T0003
PROFILE_MILLIN...	0.38263086366...	-	PROFILE MILLING		T0003

Figura 3 - Tempo de usinagem calculado pelo CAM.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

5.1 Indicadores

Com o intuito de detalhar os ganhos dos resultados mencionados na seção anterior, foram calculados alguns índices para a quantificação da melhoria após o evento *Kaizen*. Tais cálculos traduzem como a implantação de um dispositivo foi capaz de diminuir o tempo de *setup* interno e aumentar a produtividade, propiciando maior eficiência ao processo de manufatura, sem alterar os procedimentos de usinagem que agregam valor no processo, confirmando o que afirma Shingo (1996).

Neste sentido, a partir do Quadro 3, verifica-se que, por meio da mudança no *layout* de fixação da matéria prima (*blanks*) com um dispositivo intermediário, a eficiência do processo analisado aumentou em 50%, corroborando com as técnicas de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), citadas na seção 2.1.4 (SHINGO, 1996), dentre as quais foram empregadas: separação das operações de *setup* interno e externo e conversão de *setup* interno em externo.

Quadro 3 - Indicadores de desempenho antes e após a melhoria realizada.

Indicador	Antes	Depois
Quantidade média produzida por dia (QPM)	65 unidades	144 unidades
Tempo de usinagem por unidade (TUPU)	3,3 (minutos)	
Minutos trabalhados (MT)	9 Horas = 540 minutos	
Custo da hora de produção (CH)	R\$110,00/ Hora	
Capacidade Produtiva (CP)	163 unidades	
Utilização (U)	39,87 %	88,34%
Tempo de Ciclo (TC)	8,3 min/un.	3,75 min/un.
Tempo de Processamento (TP)	16,6 minutos	90 minutos
Tempo de <i>setup</i> por ciclo (TSC)	10 minutos	6 minutos
Números de ciclo por jornada (NCJ)	32 ciclos	6 ciclos
Custo de fabricação (CF)	R\$ 15,21	R\$ 6,87

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Ao analisar, organizar e, posteriormente, transformar *setup* interno em externo, possibilitou maior autonomia da máquina, reduzindo, portanto, a intervenção humana no processo de fresagem de bigornas.

Ainda, a padronização de função e não de forma e o uso de dispositivos intermediários, também mencionados como técnicas de TRF (SHINGO, 1996), permitiu, em um mesmo ciclo de máquina, produzir itens semelhantes em geometria, distintos em dimensões e em volume variados. Resultando em uma produção mais eficiente, uma vez que foi atendida a necessidade

de fabricação de pequenos lotes sem desperdícios, com qualidade e de acordo com a demanda instantânea, como preconizam Slack, Chambers e Johnston (2009) ao tratarem de *Just in Time*.

Assim, a adoção do *setup* externo aliada à adoção de dispositivos intermediários viabiliza a produção em *Just in Time*, melhorando o fluxo de valor, pois, conforme Guimarães e Falsarella (2008), tem-se uma redução do capital inerte em estoques, evita-se o retrabalho por danos de armazenagem e pode-se diminuir o tamanho dos lotes.

6. CONCLUSÕES

A manufatura enxuta preconiza que os desperdícios devem ser apontados diariamente a fim de eliminar atividades que não agregam valor ao produto. Neste sentido, o presente trabalho buscou a eliminação de desperdícios em um processo de fresagem Comando Numérico Computadorizado (CNC), por meio da elaboração de um Mapa de Fluxo de Valor (MFV), cuja análise direcionou as ações de melhoria nas atividades de processamento e movimento.

Com as melhorias implantadas, houve a conversão de *setup* interno em externo, ganhos em tempo de processamento, autonomia do processo, a ação multimáquinas do operador. Resultados que permitem, da análise dos resultados alcançados neste Estudo de Caso, afirmar que a manufatura enxuta tem potencial para melhorar a eficiência e eficácia de processos, bem como elevar a produtividade, e desta forma, confirmar o objetivo geral deste trabalho.

A aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta, além do aumento da produtividade, proporcionou uma melhoria da performance e conseqüentemente é esperado que isso impacte no aumento da lucratividade, uma vez que todas as melhorias destacadas estão relacionadas ao custo de fabricação de componentes. Este resultado foi apresentado no Quadro 3, onde se tem uma redução de aproximadamente 45%, valor significativo que permite uma precificação final competitiva. Cabe destacar que o cliente foi beneficiado com redução dos prazos, custos e manutenção da qualidade dos componentes.

7. REFERÊNCIAS

CADIOLI, L. P.; PERLATTO, L. Mapeamento do fluxo de valor: uma ferramenta da produção enxuta. **Anuário da Produção Acadêmica Docente**. v.II, n.3, p. 369-389, 2008.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. (Orgs.) **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GLASER-SEGURA, D. A.; PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Fatores influenciadores do sucesso da adoção da produção enxuta: uma análise da indústria de três países de economia emergente. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 423-436, dez. 2011.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca Rápida de Ferramentas: Proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.

GRAVA, M. C. V.; ARAUJO, S. A. Simulação e análise do atendimento em dois supermercados que utilizam sistemas de produção puxada e empurrada. **Revista Exacta**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 327-334, out. 2015.

GUIMARAES, L. F. A.; FALSARELLA, O. M. Uma análise da metodologia *Just-in-Time* e do sistema kanban de produção sob o enfoque da ciência da informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v.13, n.2, p. 130-147, ago. 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MAZUCATO, T. (Org.); ZAMBELLO, A. V.; SOARES, A. G.; TAUIL, C. E.; DONZELLI, C. A.; FONTANA, F.; CHOTOLLI, W. P. **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. Penápolis: FUNEPE, 2018.

MIYAKE, D. I. **Melhorando o processo**: seis *Sigma* e sistema de produção *Lean*. In: ROTONDARO, R.G. (coord.). *Seis Sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ORTIZ, C. A. **Kaizen e a implementação de eventos Kaizen**. São Paulo: Bookman, 2010.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROYER, R.; FERREIRA, A.; SANTOS, L. N. Mapa de Fluxo de Valor: estudo de caso em uma indústria metalúrgica. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, n. 3, p. 216-235, 2016.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 2012.

SANTOS, S. T.; SILVA-E-SILVA, E. V.; MONTEIRO, A. S.; ROCHA, N. S.; ALVES, L. F. Proposta de melhoria de *layout* para uma oficina de caminhões por meio da aplicação da Metodologia PSL. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**. Curitiba, v. 6, n. 9, p. 133-147, 2018.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOTSEK, N. C.; BONDUELLE, G. M. Melhoria em uma empresa de embalagens de madeira através da utilização da cronoanálise e rearranjo de *layout*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 519-530, 2016.

SUNDAR, R.; BALAJI, A.N.; SATHEESHKUMAR, R. M. A *review on lean manufacturing implementation techniques*. **Procedia Engineering**, n. 97, p. 1875-1885, 2014.

WOMACK, J.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 12. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas** *Lean Thinking*: elimine o desperdício e crie riqueza. 15. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.