

PROPOSTA E IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS EM UMA EMPRESA DO SETOR METALÚRGICO, COM BASE NOS CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA

Paulo Antonio Reaes, reaes@utfpr.edu.br¹

João Carlos Espindola Ferreira, e-mail²

Murilo Souza, murilosouza@alunos.utfpr.edu.br¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Avenida Sete de Setembro, 3165, Bairro Rebouças - Curitiba, Brasil, 80230-901

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, GRIMA/GRUCON, Caixa Postal 476, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil, 88040-900

Resumo: Este artigo descreve um estudo de caso na utilização dos conceitos da Manufatura Enxuta em uma linha do setor de usinagem seriada de uma empresa do ramo metalúrgico. A escolha deste setor específico dentro da empresa se deu por ser responsável pelo maior faturamento da empresa. Ênfase especial foi dada no emprego da ferramenta do mapeamento do fluxo de valor para a implantação da filosofia da manufatura enxuta. O objetivo desse trabalho foi a obtenção de um relatório final com a indicação das ações mais adequadas à realidade da empresa, e da demonstração dos resultados obtidos na aplicação das melhorias cuja implantação foi possível levar a cabo com êxito. O detalhamento minucioso das soluções empregadas, a abrangência de sua aplicação e principalmente os ótimos resultados obtidos, faz do estudo de caso um guia prático e amplo para a aplicação dessa ferramenta em outras empresas. É de particular interesse a descrição clara e completa da implantação da Heijunka Box ou caixa de nivelamento do mix de produção.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Usinagem.

1. INTRODUÇÃO

Para Ohno (1997), o foco do sistema de produção enxuta é a eliminação total dos desperdícios. Entre as ferramentas úteis na identificação deles está o Mapeamento do Fluxo de Valor que, segundo Rother e Shook (2003), permite a visão do fluxo da produção desde a matéria prima até as mãos do consumidor, sendo assim possível identificar e eliminar tudo que for desnecessário.

A Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing* foi escolhida como ponto de partida deste projeto por ser uma filosofia consagrada capaz trazer grandes benefícios em sua aplicação no setor da empresa em estudo.

O setor estudado foi o de usinagem seriada, que corresponde em média a 80% do faturamento da empresa. Foi escolhido justamente por ser a área com capacidade de gerar maior impacto econômico.

Este setor tem 41 tornos automáticos em atividade, sendo em média divididos em três máquinas por operador, que executa a alimentação de matéria prima, retira os produtos usinados e faz o controle dimensional das amostras. As peças mais produzidas são pequenas conexões em forma de anel, com rosca interna, que são feitas a partir de barras cilíndricas de latão. Entre os modelos produzidos estão dois tipos de buchas roscadas, neste artigo denominadas “peça 01” e “peça 02”, que juntas representam, em média, mais de 80% do volume das vendas correspondentes ao setor de usinagem, sendo os percentuais restantes compostos por outros 18 modelos.

A produção era realizada através do sistema “empurrado”, e evitava-se a realização frequente de *setups*, devido ao longo tempo necessário para a troca de modelos a serem produzidos. Desta forma a usinagem ocorria em grandes lotes, muitas vezes em quantidades superiores à demanda real. O resultado era a manutenção de estoques elevados, mesmo para os modelos de menor consumo por parte dos clientes. A política de estoques da empresa não considerava este excesso como algo prejudicial, mas como um meio de atender rapidamente aos clientes e como uma medida de segurança frente às variações em seus pedidos.

Os problemas relatados pela administração foram a falta de organização, a baixa confiabilidade do atual sistema de controle de qualidade, o desperdício de matéria prima e as paradas de máquina.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Descreve-se a seguir sucintamente o estado da arte da produção enxuta, com ênfase no Sistema Toyota de produção (STP) e suas ferramentas. A manufatura enxuta ou *Lean Manufacturing* é um conjunto de práticas voltadas à eliminação dos desperdícios.

Desperdícios são elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor. São sete os desperdícios a serem combatidos: Superprodução, esperas, transporte, processamento impróprio, estoque desnecessário, movimentação excessiva e produção de defeitos.

A manufatura enxuta possui como partes integrantes, entre outras, o JIT, a autonomia, o *Kaizen*, o mapeamento do fluxo de valor e o SMED (*Single Minute Exchange of Dies*).

O fluxo de valor é toda ação necessária (que cria ou não valor) para transformar insumos e matéria-prima em produtos ou serviços, considerando cada processo individualmente para se obter melhorias no todo. Segundo ROTHER & SHOOK (2003), mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que utiliza papel e lápis visando ajudar a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Suas principais ferramentas são: o sistema puxado com supermercados, nivelamento do mix de produção, a retirada compassada, a habilidade de fazer “toda peça todo dia” (depois a cada turno, a cada hora ou paleta ou *pitch*) nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador, CEP (Controle Estático de Processo), a gestão de estoques, e o dimensionamento do estoque de segurança.

3. ESTUDO DE CASO

A aplicação das ferramentas da manufatura enxuta, sobretudo do mapeamento do fluxo de valor, permitiu a visão dos processos como um todo, possibilitando assim tomar decisões para melhorias. Os mapas atuais e futuros podem ser usados como base para a solução dos problemas detectados.

3.1. Estado Inicial

A escolha dos modelos de peças para o estudo teve como critério o volume de produção e sua contribuição para o faturamento da empresa. Com esta decisão o trabalho voltou-se a dois modelos principais e seus processos produtivos. Os problemas relatados pela diretoria foram também incluídos e descritos de maneira mais detalhada neste levantamento.

3.1.1. Demanda de Materiais, Disponibilidade de Máquinas e Operadores

Nesses períodos, a máquina, com porta ferramentas do tipo “revólver-estrela” e funcionamento automático, faz todas as operações de facear, roscar, furar, recartilhar, cortar e iniciar a próxima peça. As máquinas são alimentadas com barras de 3 metros de comprimento, e o tempo de colocação de uma nova barra na máquina é de aproximadamente 2,5 minutos. O tempo de *setup* para mudança do modelo a ser produzido varia bastante e pode ter até cinco horas de duração. Este tempo é a soma da troca das ferramentas e dos testes e ajustes necessários.

Para o controle dimensional, em cada máquina, a cada vinte minutos uma peça é medida pelo operador que a produziu, e são registradas em uma planilha as principais dimensões: o diâmetro da rosca, diâmetro externo e espessura da peça. Nesta planilha estão descritos os valores admissíveis, e se estes não são atendidos, a peça é registrada como não conforme e é feita uma verificação na máquina. A taxa média de peças não conformes é de 2,26%, o setor de usinagem trabalha de segunda a sexta, em dois turnos. O tempo disponível para trabalho nos turnos é de 8,8 horas durante o dia e 7,8 horas durante a noite. Com os tempos de espera e de processamento de produção, o *lead time* do processo para estes mapas é de 33,5 dias, e o tempo de agregação de valor é de 19,75 segundos para a peça 01, e 21,15 segundos para a peça 02.

No período do estudo, as peças 01 e 02 foram produzidas em sua maior parte pelas equipes 01, 03 e 04. A equipe 01 dedicou 84% de seu tempo à produção da peça 01 e 9% à produção da peça 02, totalizando 93% de sua ocupação. Os 7% restantes foram dedicados a um dos outros 18 modelos de peças.

As metas estabelecidas eram em média bastante superiores às demandas já conhecidas e, portanto, poderiam ser iguais. Isto reflete a cultura de produção, onde cada *setup* era aproveitado ao máximo, sendo produzidas quantidades maiores que as necessárias, além da produção voltada a manter um nível elevado de estoque.

As metas semanais são distribuídas para cada máquina, e os dados coletados sobre o percentual de seu cumprimento são atribuídos às equipes pelas quais estas máquinas são utilizadas.

Durante o levantamento dos dados de produção da usinagem, constatou-se que as metas estabelecidas são iguais às capacidades máximas das máquinas para cada modelo de peça, sem considerar a demanda ou a disponibilidade dos equipamentos. Isto mostra mais uma vez que a intenção é produzir a maior quantidade de peças que cada *setup* permite, sem um estabelecimento de metas realistas, que considerariam a real capacidade dos equipamentos e a demanda dos clientes.

Os tipos mais comuns de não conformidades têm relação com variações nos comprimentos das peças, com 47% das ocorrências. A seguir, problemas com as operações de rosca, com 25% das ocorrências, e 12% das não conformidades referentes às rebarbas. Os restantes 16% são a soma de uma grande variedade de ocorrências.

Nas oito semanas analisadas, o tempo total de horas trabalhadas no setor de usinagem, considerando o número de máquinas em operação, foi de 23.426 horas e as paradas de máquinas neste setor somaram 4.057 horas, resultando em um índice de disponibilidade de máquina 82,68% de disponibilidade (horas efetivas de máquina sobre total de horas de máquina em operação). Este valor é médio, representando o setor inteiro.

Os problemas relacionados ao mau funcionamento de máquinas representaram 73% do total de tempo de paradas, e os demais 27% foram relacionados a quebras de ferramentas. Tempos para limpeza, reuniões, quedas de energia e paradas intencionais não foram considerados. Das paradas por mau funcionamento, a mais comum, com 20% das ocorrências, é a relacionada ao dispositivo que faz o avanço da matéria prima dentro das máquinas.

3.1.2. Produzir de Acordo com o Takt Time

O *takt time* é a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto. Ele é definido dividindo-se o tempo disponível pela demanda, a produção deve ocorrer seguindo um ritmo, estabelecido pela demanda. Esta relação é dada através da Eq. (1) (Rother e Shook, 2003).

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível}{Demanda} \quad (1)$$

A Tab. (1) mostra o *takt time* adaptado às demandas de cada item, por mês.

Tabela 1 - Takt time por modelo

Fonte: Borcz (2013)

TAKT TIME POR MODELO									
MODELO:		peça 01		peça 02		peça 03		peça 04	
Mês	tempo (s)	Dem	Takt	Dem	Takt	Dem	Takt	Dem	Takt
Jun	633600	512400	1,24	210000	3,02	90120	7,03	27810	22,78
Jul	633600	1051200	0,60	300000	2,11	20280	31,24	48060	13,18
Ago	633600	694800	0,91	300000	2,11	72240	8,77	48090	13,18
Set	633600	900000	0,70	270000	2,35	30000	21,12	0	-
MÉDIA		797400	0,81	285000	2,23	51120	14,9	37935	13,2

Onde: Dem: Demanda em número de peças

Takt: *Takt time* de cada modelo, em segundos

Tempo (s): tempo em segundos, para uma máquina, durante um mês

Como os tempos de ciclo de cada peça são fixos, não há como adaptá-los às variações do tempo *takt*. A solução possível para esta adequação de tempos é a redução ou aumento do número de máquinas em operação ou da quantidade de horas dedicadas a cada modelo.

Conhecendo-se os tempos *takt*, o tempo de ciclo de cada modelo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** Tab. (2)) e o fator de disponibilidade dos equipamentos, é possível determinar a quantidade de máquinas necessárias. Como exemplo, para a peça 01, no mês de junho, obtém-se o seguinte:

- Tempo de ciclo: uma peça a cada 15,6 segundos;
- Tempo *Takt* : uma peça a cada 1,24 segundos;

Tabela 2 - Tempos de ciclo e capacidades por máquina na usinagem

Fonte: Borcz (2013)

	Tempo de ciclo (s)	Capacidade Peças/hora
Peça 01	15,6	231
Peça 02	17	212
Peça 03	22	164
Peça 04	23,3	155
Peça 05	38,1	94

Comparando-se o tempo *takt* com o tempo de ciclo de cada máquina, conclui-se que são necessárias 15,6/1,24 ou 12,58 máquinas. Este valor seria para uma disponibilidade de 100%.

Como as máquinas têm a disponibilidade de 82,68%, faz-se necessário corrigir a quantidade em +17,32%. O valor final é de 14,8 máquinas. Utilizando este cálculo pode-se determinar as quantidades de máquinas para as demais peças, conforme mostrado na Tab. (3).

Tabela 3 - Quantidades de máquinas através do takt time

Fonte: Borcz (2013)

QUANTIDADES NECESSÁRIAS DE MÁQUINAS					
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Média
Peça 01	14,8	30,4	20,1	26,0	22,8
Peça 02	6,6	9,4	9,4	8,5	8,5
Peça 03	3,7	0,8	2,9	1,2	2,2
Peça 04	1,2	2,1	2,1	-	1,8
Peça 05	2,1	2,1	3,6	1,3	2,3
TOTAL	28,4	44,8	38,1	37,0	

O número total de máquinas desta tabela, em cada mês, é em média inferior ao número real, de 41 unidades. Não está considerado nestes cálculos um fator para produção de estoque. Estes valores mostram que: para uma política de estoque zero, a quantidade atual de máquinas fica bem próxima da ideal, sendo necessário apenas um turno de produção para suprir a demanda, podendo-se adquirir mais máquinas para suprir picos de demanda - como o mês de julho de 2012 - ou então ampliar as horas de produção.

O fator disponibilidade, apresentado neste cálculo como 17,32% para correção, é fruto de uma análise breve, que pode ter sido influenciada por eventos atípicos durante o período deste projeto. Para fins de oficialização, deverá ser calculado com mais critérios, podendo inclusive considerar a sazonalidade do mercado, ou outros fatores, conforme as necessidades da empresa.

3.1.3. Desenvolva um Fluxo a onde for possível

No processo atual todas as etapas de transformação da matéria prima ocorrem na mesma máquina, e existem diferenças entre os tempos de ciclo da usinagem, lavagem e embalagem. Isto impossibilita o fluxo contínuo das peças entre os processos. Outro fator é a rastreabilidade, que se dá através de um cartão que acompanha cada lote, não permitindo que cada peça seja mandada individualmente para o processo seguinte. Neste caso a utilização de supermercados é a maneira mais apropriada de intermediar os processos.

3.1.4. Use supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não puder ser aplicado.

No modelo proposto é considerado o uso de dois supermercados entre processos: 1) entre usinagem e lavagem, e 2) entre lavagem e embalagem. Estes estoques têm por finalidade atuar como interfaces entre os diferentes ritmos de trabalho de cada setor, e garantir a produção sem interrupções.

Para a administração destes supermercados a alternativa recomendada é a utilização do sistema *kanban*, com cartões de produção que acompanham os lotes de peças.

Para simplificar o processo, o sistema *kanban* e o uso de supermercados podem ser aplicados apenas às peças de 01 a 05, que juntas correspondem em média mais de 96% do volume de produção. As peças restantes, de pequena demanda e vendas eventuais seriam tratadas como peças especiais, sendo de responsabilidade do supervisor da usinagem o encaixe na sequência de produção.

No supermercado da usinagem, após a retirada das peças por parte do setor de lavagem, estes cartões retornam a um quadro de *kanban*, semelhante à Fig. (1), com áreas destinadas ao controle de quantidades das peças 01 a 05.

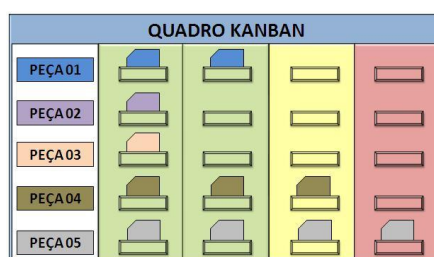


Figura 1 - Exemplo de quadro Kanban
Fonte: Borcz (2013)

No supermercado do setor de lavagem, após a retirada de peças por parte do setor de embalagem, os cartões são colocados em uma *Heijunka Box*, semelhante à Fig. (2), a qual tem a finalidade de controlar as quantidades e ordenar a sequência de produtos.

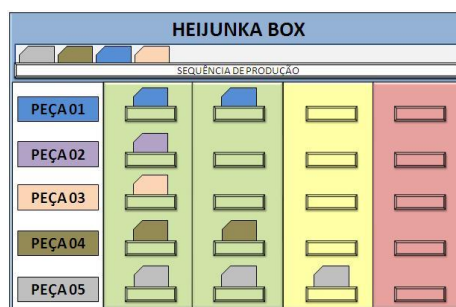


Figura 2 - Exemplo de Heijunka Box, ordenada por sequência
Fonte: Borcz (2013), adaptado de Tardin e Lima (2000)

Com o sistema de produção sugerido – puxada e obedecendo a um *takt time* definido - o tempo de reposição de um lote diário deverá ocorrer em um dia, desta forma os tempos de produção e *setup* deverão ocorrer dentro deste período.

Uma vez conhecidos estes fatores e considerando o tempo de reposição de um dia, a Eq. (2) aplicada à peça 01 produz o seguinte resultado para o estoque de segurança (Rother e Shook, 2003).

$$\text{Intervalo Pitch} = \text{Takt Time} \times \text{Peças por embalagem} \quad (2)$$

Na Tabela (4) estão os valores calculados para os demais modelos de peças.

Tabela 4 – Cálculo do estoque de segurança diário – Junho a setembro de 2012
Fonte: Borcz (2013)

CÁLCULO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA					
junho a setembro de 2012					
	demanda diária (un)		TR (dias)	ES (un)	ES (dias)
	média	máxima			
Peça 01	39480	52560	1	13080	0,33
Peça 02	13500	15000	1	1500	0,11
Peça 03	2658	4506	1	1848	0,7
Peça 04	1550	2405	1	855	0,55
Peça 05	1616	2562	1	946	0,59

Onde:
 TR: Tempo de reposição
 ES: Estoque de segurança
 UN: Unidades

Para exemplificar, no caso da peça 01, o estoque das barras utilizadas teria o necessário para a produção de dois dias de demanda média (2 x 39.480 peças), mais a quantidade para fabricar seu estoque de segurança (13.080 peças), num total de barras que renderiam 92.040 peças.

A formalização de pedidos ao fornecedor de barras poderá ser reduzida de mensal para semanal, permitindo assim ajustes de maneira mais rápida.

Como a demanda de peças prontas é conhecida a cada mês, poderá ser informada uma previsão mensal ao fornecedor de barras, que poderá dimensionar seus processos conforme esta informação.

3.1.5. Tente enviar a programação do cliente para apenas um processo de produção.

O processo que recebe as ordens de produção atualmente é a usinagem, sendo sua produção empurrada para os demais setores. O sistema puxado com supermercados é possível, permitindo que a embalagem - processo mais próximo ao cliente - seja o processo puxador.

Nivelar o *mix* de produtos significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo (ROTHER; SHOOK, 2003).

No modelo proposto, a embalagem aciona os demais setores através do consumo de peças de um supermercado. Este supermercado se localiza no setor de lavagem, e é reposto pelo mesmo.

Para nivelar o *mix* de produtos e a suas quantidades, a alternativa recomendada é a utilização de uma *Heijunka Box* no supermercado de peças do setor de lavagem.

A caixa de nivelamento proposta é semelhante à da Fig. (2), um quadro fixado em local de fácil acesso e visibilidade para os setores de lavagem e embalagem.

Este quadro possui cinco linhas horizontais, exclusivas a cada um dos cinco modelos mais produzidos. O número de colunas é determinado pelo intervalo *pitch* de cada modelo de peça, cujos valores são expostos na Tab. (5).

3.1.6. Crie uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador. (nivele o volume de produção)

A liberação de volumes pequenos e ritmados de ordens de produção permite um controle mais preciso da situação no ambiente produtivo. Rother e Shook (2003) ressaltam a importância de se ter a “imagem *takt*” ou a noção do andamento ideal da produção. Os autores apresentam uma forma de calcular o incremento *pitch* que pode ser expressa pela Eq. (2) (cálculo do intervalo *pitch*).

Tabela 5 - Intervalo *pitch* por modelo
Fonte: Borcz (2013)

INTERVALO PITCH POR MODELO				
Modelo	Takt time médio(s)	Peças por embalagem	Intervalo <i>pitch</i> (segundos) (minutos)	
peça 01	0,81	3000,00	2423,9	40
peça 02	2,23	1000,00	2229,3	37
peça 03	14,95	200,00	2989,1	50
peça 04	13,18	200,00	2636,7	44
peça 05	21,10	100,00	2109,9	35

Para a empresa em estudo, a quantidade de peças por embalagem poderá ser diferente para cada modelo, para tornar próximos os intervalos *pitch*. Estas quantidades permitiriam um número relativamente pequeno de cartões *kanban* em circulação, com os intervalos *pitch*, encontrados na Tab. (5).

Neste cálculo foi usado o *takt time* médio do período de junho a setembro de 2012, e os tempos resultantes em minutos foram arredondados.

Para o dimensionamento do número de colunas no quadro, poderá ser adotado o sistema apresentado por Tardin e Lima (2000). Nele a coluna vermelha representa o estoque de segurança, e a produção deverá esforçar-se para evitar que a colocação de cartões chegue até esta faixa.

Para a peça 01, por exemplo, com o estoque de segurança de 13080 peças (Tab. (4)), e com a quantidade de 3000 peças por embalagem, serão necessários $13080/3000$ ou 4,36 intervalos *pitch* representados no quadro. Este valor poderá ser arredondado para cinco intervalos.

Para as demais peças, aplicando-se o mesmo cálculo, e arredondando os resultados para maior, são obtidos:

a) Peça 01: 05 colunas vermelhas; b) Peça 02: 02 colunas vermelhas; c) Peça 03: 10 colunas vermelhas; d) Peça 04: 05 colunas vermelhas; e) Peça 05: 10 colunas vermelhas.

As colunas verdes e amarelas juntas representam a demanda diária. A quantidade de colunas desta demanda pode ser calculada de maneira semelhante à descrita acima, utilizando a demanda média (Tab. (4)) ao invés do estoque de segurança.

Para a peça 01, com a o uso deste cálculo, é obtido:

$39480/3000$, ou 13,16 intervalos. Este valor pode ser arredondado para 14 colunas.

Para as demais peças, aplicando-se o mesmo cálculo, e arredondando os resultados para maior, são obtidos:

a) Peça 01: 14 colunas; b) Peça 02: 14 colunas; c) Peça 03: 14 colunas; d) Peça 04: 08 colunas; e) Peça 05: 17 colunas.

A proporção entre verde e amarelo poderá ser, no início, de 50% para ambos, sendo ajustada com o decorrer da utilização do quadro. O objetivo deste ajuste é dimensionar a faixa amarela, para que cumpra sua função de alerta de necessidade de produção, evitando o preenchimento da faixa vermelha com cartões.

A área de controle visual de estoque terá desta forma no máximo 27 colunas (17 de demanda mais 10 de estoque de segurança), correspondendo à largura necessária para a peça 05. As demais peças necessitarão de um número menor.

Com estes valores, toma forma na Fig. (3) a proposta visual da *Heijunka Box*, para uso compartilhado entre os setores de lavagem e embalagem.

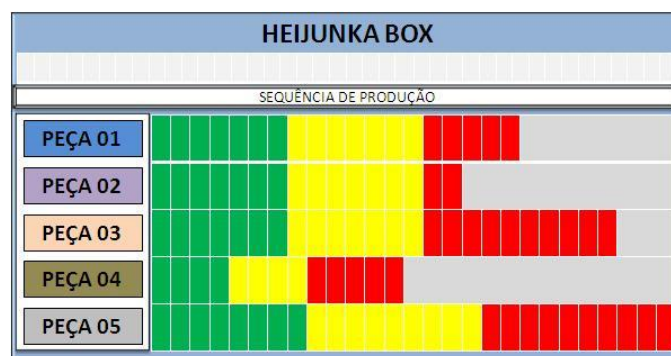


Figura 3 - Heijunka Box proposta
Fonte: Borcz (2013)

4.2.6.1. *Heijunka Box*

Heijunka Box é uma caixa de nivelamento de carga que funciona de forma semelhante ao quadro *Kanban*, com a função adicional de regular a ordem dos itens produzidos, distribuindo a carga de trabalho ao longo do tempo, fornecendo aos processos posteriores os itens necessários, na sequência desejada.

As formas desta ferramenta podem variar, sendo o exemplo de Rother e Shook (2003) um quadro com escaninhos, onde cada fileira horizontal representa um produto, e cada coluna representa um intervalo *pitch*. Neste quadro são distribuídos os cartões com as ordens de produção, de acordo com o mix desejado e o *takt time*. A cada intervalo *pitch*,

o processo puxador recebe um cartão, informando a necessidade do momento.

O takt time é a frequência com que você deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas, para atender a demanda dos clientes (ROTHER; SHOOK, 2003).

O intervalo pitch é segundo Rother e Shook (2003), a referência de tempo da administração. Sua recomendação é de determinar este intervalo com a multiplicação do tempo takt, em segundos, pela quantidade de peças em cada embalagem entregue ao cliente. Por exemplo: se o takt é de 30 segundos, e a embalagem é de 20 peças, o pitch será: $30\text{seg} \times 20 = 600\text{seg}$ ou 10 minutos. Este método é expresso pela Eq. (2). Neste exemplo o programador liberará ordens e poderá checar o andamento a cada dez minutos.

3.1.7. Desenvolva a habilidade de fazer “toda peça todo dia” (depois a cada turno, a cada hora ou palete ou *pitch*) nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador.

O principal obstáculo para tornar mais flexível o fluxo de materiais e reduzir os estoques em processo é o tempo de *setup* dos tornos automáticos. Deverão ser desenvolvidas alternativas para reduzir os longos tempos de trocas de ferramentas.

Para a implantação do mapa de estado futuro proposto há uma série de mudanças possíveis, conforme mostrado ao longo deste trabalho, e a principal é a mudança no sistema de produção, utilizando a produção puxada para evitar o atual acúmulo de grandes volumes de estoque.

Para a administração da produção puxada, a alternativa recomendada é a implantação do sistema *kanban*, passando para o setor de embalagem – o mais próximo ao cliente – a tarefa de impor ritmo aos setores produtivos.

3.1.8. Estoque de matéria prima

O estoque de matéria prima para a usinagem já funciona no sistema de supermercado, no qual as barras são retiradas livremente, e repostas a cada dois dias. A quantidade mantida é suficiente para duas semanas de produção.

Utilizando os mesmos cálculos dos supermercados entre setores, é possível redimensionar as quantidades necessárias de barras de latão, a fim de reduzir as quantidades estocadas.

O estoque de segurança da matéria prima de cada modelo de peça poderá seguir as mesmas proporções dos estoques de peças acabadas, ou seja, basear-se nas quantidades da Tabela 4). Esta tabela indica as quantidades para cada dia de produção. As barras poderão ser acompanhadas de cartões *kanban*, com a finalidade de informar ao setor de compras o seu momento de reposição, conforme a retirada por parte do setor de usinagem.

A frequência atual de entregas por parte do fornecedor de barras é de dois dias. Caso seja mantido este prazo, os volumes de entregas deverão considerar os estoques de segurança (em dias) da Tabela 4), que se refere a peças prontas, atendendo assim, com as barras correspondentes a cada modelo de peça, dois dias de produção mais dois dias do valor determinado para o estoque de segurança.

Para exemplificar, no caso da peça 01, o estoque das barras utilizadas teria o necessário para a produção de dois dias de demanda média (2×39.480 peças), mais a quantidade para fabricar seu estoque de segurança (13.080 peças), num total de barras que renderiam 92.040 peças.

3.1.9. Nivelamento do Mix de Produção

No modelo proposto, a embalagem aciona os demais setores através do consumo de peças de um supermercado. Este supermercado se localiza no setor de lavagem, e é repostado pelo mesmo.

Para nivelar o *mix* de produtos e a suas quantidades, a alternativa recomendada é a utilização de uma *Heijunka Box* no supermercado de peças do setor de lavagem.

A caixa de nivelamento proposta é semelhante à, um quadro fixado em local de fácil acesso e visibilidade para os setores de lavagem e embalagem.

Este quadro possui cinco linhas horizontais, exclusivas a cada um dos cinco modelos mais produzidos. O número de colunas é determinado pelo intervalo *pitch* de cada modelo de peça.

3.1.10. Redução de Tempo de Setup

Com as observações e os relatos dos preparadores, constatou-se que a maior parte do tempo de um *setup* é dedicada a testes de produção, onde são usinadas peças, suas medidas são verificadas, e ajustes são feitos até que estejam conforme o projeto. A Tab. (6) mostra os tempos do setup atual da peça 01, com as atividades necessárias, e as suas classificações.

Tabela 6 - Atividades do *setup* atual – Peça 01
Fonte: Borcz (2013)

Tempo atual de <i>setup</i>		
ATIVIDADE	INT/EXT	TEMPO (h)
Limpeza	int	0,34
Troca dos conjuntos de cames	int	1,21
Troca das ferramentas	int	0,54
Troca da pinça do avanço de material	int	0,55
Colocação da nova barra de material	int	0,04
Teste de produção e ajustes de medidas	int	2,02
TEMPO TOTAL		4,7

Observa-se que todas as atividades atuais da troca de ferramenta são internas, mantendo a máquina parada durante todo o processo.

Uma ideia testada foi utilizar um gabarito para reduzir o maior tempo observado, o de ajuste de medidas. O teste foi executado por um operador de torno do setor de usinagem, com acompanhamento do autor deste projeto. O gabarito caracteriza-se por uma peça com as dimensões do modelo a ser produzido, mas ainda presa à barra de latão, devido a sua usinagem ter sido interrompida antes de sua separação. Para este teste foi produzido e aferido um gabarito da peça 01.

Ao iniciar o ajuste, o preparador centraliza e fixa este gabarito à máquina, e o usa como ponto de referência para posicionamento das ferramentas e ajuste dos avanços do torno. A Tab. (7) mostra os resultados.

Tabela 7 - *Setup* com gabarito – Peça 01
Fonte: Borcz (2013)

Tempo de <i>setup</i> - com uso de gabarito		
ATIVIDADE	INT/EXT	TEMPO (h)
Limpeza	int	0,34
Troca dos conjuntos de cames	int	1,21
Troca das ferramentas	int	0,54
Troca da pinça do avanço de material	int	0,55
Colocação da nova barra de material	int	0,04
Teste de produção e ajustes de medidas	int	↓ 1,5
TEMPO TOTAL		↓ 4,18
REDUÇÃO		11%

Neste teste houve redução no tempo de ajustes de medidas, porém o tempo de máquina parada permaneceu longo.

Outra possibilidade levantada foi a de tornar externa a maior quantidade possível de atividades, aplicando conceitos do SMED de Shingo (2000). Entre as atividades avaliadas, a única passível desta mudança seria a troca de ferramentas, aplicando-se a seguinte ideia: possuir conjuntos sobressalentes de porta ferramentas, os quais seriam montados em uma bancada que seria desenvolvida para o ajuste do posicionamento das ferramentas. Esta bancada seria dotada de gabaritos e instrumentos de medição, e teria a finalidade de evitar que ajustes como estes sejam feitos nos tornos, reduzindo assim o tempo de máquina parada.

A Tab. (8) mostra a estimativa dos resultados, na qual o tempo de troca de ferramentas está zerado, pois seria feito em uma atividade externa de *setup*. Os tempos de troca de porta-ferramentas e de testes de produção são estimativos do supervisor do setor de usinagem.

Tabela 8 - *Setup* externo do porta-ferramentas
Fonte: Borcz (2013)

Tempo de <i>setup</i> - com <i>setup</i> externo do porta-ferramentas		
Atividade	int/ext	Tempo (h)
Limpeza	int	0,34
Troca dos conjuntos de cames	int	1,21
Troca das ferramentas	ext	↓ 0
Troca do porta-ferramentas (estimativa)	int	↓ 0,12
Troca da pinça do avanço de material	int	0,55
Colocação da nova barra de material	int	0,04
Teste de produção e ajustes de medidas (estimativa)	int	↓ 0,5
TEMPO TOTAL		2,76
REDUÇÃO		41%

3.1.11. Fluxo Futuro de Material

Os tempos de ciclo da usinagem foram reduzidos, de 15,6 para 11 segundos no caso da peça 01 e de 17 para 12,4 segundos no caso da peça 02, conforme descrito anteriormente, devido à utilização de tubos na usinagem. Os *setups* para troca de modelos são feitos em sua maior parte externamente às máquinas e seus tempos foram reduzidos, de cinco para 2,76 horas. O sistema de controle de qualidade segue agora os registros feitos, agindo sobre as causas mais comuns de não conformidades.

3.1.12. Fluxo Futuro de Informação

Para facilitar a compreensão do impacto positivo possível com as melhorias sugeridas, as Figs. (4) e (5) reúnem informações retiradas dos mapas atuais e futuros, para as peças 01 e 02.

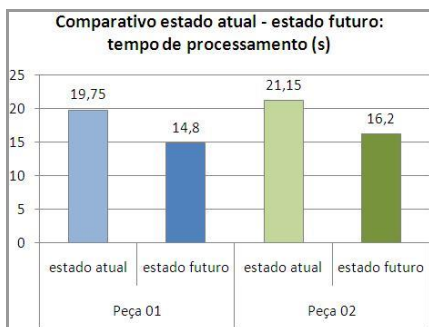


Figura 4 - Comparativo entre estado atual e futuro - tempo de processamento

Fonte: Borcz (2013)

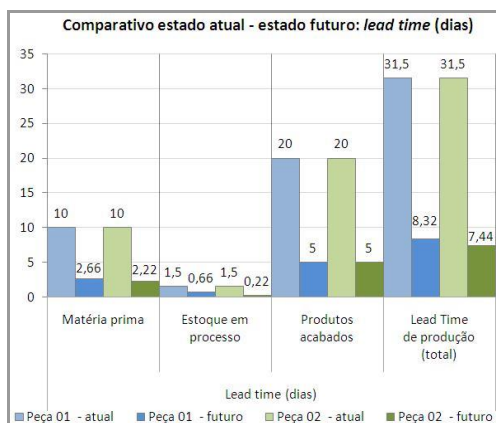


Figura 5 - Comparativo entre estado atual e futuro - Lead time

Fonte: Borcz (2013)

3.2. CONCLUSÃO

O estudo provou que mesmo em uma empresa com bom desempenho no mercado há muitas oportunidades de melhorias, e que para o seu tipo de produção, de grandes quantidades de peças, mesmo as pequenas melhorias podem trazer grandes reduções de custo, aumentando a competitividade.

Notam-se grandes ganhos possíveis em todos os aspectos analisados, sobretudo no *lead time* de produção, reduzindo consideravelmente a diferença entre este tempo de espera e o tempo de processamento, e também com o sistema *Kanban*, o qual realmente agrega valor ao produto.

Entre as mudanças propostas, estão as de grande porte, como a implantação da produção puxada e o sistema *kanban*, nas quais a empresa mostrou interesse e se comprometeu a analisar mais profundamente, e as de menor porte como a implantação do sistema de troca rápida de ferramentas. Um novo sistema de coleta de dados e a mudança na forma da matéria prima foram implantados com sucesso.

3.3. REFERÊNCIAS

- Ohno, T., 1997, “O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala”, Artes Médicas, 2 ed. Porto Alegre.
- Rother, M. and Shook, J., 2009, “Aprendendo a enxergar”, Lean institute Brasil, 1ed. São Paulo.
- Shingo, S., 2000, “Sistema de Troca Rápida de Ferramenta”, Bookman, Porto Alegre.
- Tardin, G.G. and Lima, P.C., 2000, “O papel de um quadro de nivelamento de Produção na produção puxada: um estudo de caso”, Unicamp. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2000_E0097.pdf Acesso em 22/04/2013.

4. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

PROPOSAL AND IMPLEMENTATION OF IMPROVEMENTS IN A COMPANY OF THE METALLURGICAL SECTOR, BASED ON THE CONCEPTS OF LEAN MANUFACTURING

Paulo Antonio Reaes, reaes@utfpr.edu.br¹

João Carlos Espindola Ferreira, e-mail²

Murilo Souza, murilosouza@alunos.utfpr.edu.br¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Avenida Sete de Setembro, 3165, Bairro Rebouças - Curitiba, Brasil, 80230-901

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, GRIMA/GRUCON, Caixa Postal 476, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil, 88040-900

Abstract: *This paper describes a case study in which Lean Manufacturing concepts are applied in a production line in a serial machining area in a company of the metallurgical sector. This specific area within the company was chosen because it is responsible for the higher revenues of the company. Special emphasis was placed on the use of the value stream mapping tool for the implementation of the lean manufacturing philosophy. The objective of this work was to obtain a final report indicating the most appropriate actions for the reality of the company, and the presentation of the results obtained in the application of the improvements, whose implementation was possible to carry out successfully. The detailed analysis of the solutions employed, the scope of their application, and especially the excellent results obtained, makes the case study a practical and broad guide for the application of this tool in other companies. Of particular interest is the clear and complete description of the implementation of the Heijunka Box or leveling box of production mix.*

Keywords: *Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Machining.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.