



### APLICAÇÃO DE MÉTODOS VISANDO À REDUÇÃO DE SETUP EM UM PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA DE TUBOS DE AÇO

#### APPLICATION OF METHODS IN ORDER TO REDUCE SETUP PROCESS INTO A CONFORMATION MECHANICAL STEEL TUBING

Thiago do Valle Delgado<sup>a</sup>; Augusto da Cunha Reis<sup>b</sup>; Augusto da Cunha Reis<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO) - Rio de Janeiro, RJ, Brasil – Departamento de Engenharia de Produção

<sup>b</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suck da Fonseca (CEFET) - Rio de Janeiro, RJ, Brasil – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPTEC)

#### Resumo

O objetivo do trabalho proposto é demonstrar o ganho obtido com a implantação de métodos que buscam melhorar a competitividade de uma indústria metalomecânica através da redução no tempo de troca das ferramentas e nos ajustes necessários na execução de algumas atividades ocorridas na produção durante a mudança do diâmetro de tubos. Para alcançar tal objetivo, aplicou-se o método Troca Rápida de Ferramenta (TRF), também conhecido na literatura como *Single Minute Exchange of Die* (SMED), mapeamento de processos e o método PERT/CPM. Com o estudo de caso utilizado, foi possível verificar uma redução do tempo de troca do equipamento de formação de tubos de 12 horas para 4,52 horas. Uma redução significativa no tempo de *setup*, se comparado ao processo antes da sua aplicação.

**Palavras-chave:** SMED, Setup e TRF.

#### Abstract

*This paper presents the implementation of some methods that intend to improve the competitiveness of a metal industry. Within this context the article aims to reduce the setup time of the tools adjustments, and certain activities that occurring in production during the changing of the tubing diameters. The tools applied is Single Minute Exchange of Die (SMED) and the method PERT/CPM. In the case study used, it was possible to reduce the setup time, which was 12 hours for 4.52 hours. A significant reduction, if compared to the process before this work.*

**Keywords:** SMED, Setup e TRF.

#### 1. INTRODUÇÃO

Na indústria metalomecânica, máquinas formadoras de tubos por conformação mecânica apresentam criticidade inerentes ao processo, por serem extensas e compostas por vários equipamentos alinhados em série, que necessitam de ajustes e trocas nas mudanças no diâmetro da produção de tubos. Esses ajustes e trocas levam horas para serem realizados e não agregam valor nenhum ao produto, bem como mantêm a máquina e todo o processo de produção parado, o que constitui uma ineficiência do equipamento.

Na busca constante pela melhoria nos processos, bem como nos métodos de redução de *setup*, que representa o tempo em que uma máquina fica parada para se ajustar à produção de outro produto, encontramos ferramentas

que ajudam a entender e visualizar possíveis melhorias e consequentes reduções nos tempos de troca.

Este trabalho apresenta um estudo de caso em uma Indústria nacional de médio porte, produtora de tubos com costura, que está no mercado há mais de 70 anos, e tem como objetivo mostrar que o método para redução de tempo na troca de ferramentas já aplicado em muitas outras empresas, que foi criado por Shigeo Shingo (2000) e se chama método Troca Rápida de Ferramenta (TRF), também conhecido na literatura como *Single Minute Exchange of Die* (SMED), contribuiu para a otimização dos seus processos produtivos.

Com base no que foi apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral apresentar a redução no tempo do processo de *Setup*, aumentando tempo do processo de *Setup*, aumentando sua eficiência e tornando-o mais eficaz



para a organização, que visa à competitividade de seus produtos no mercado. Espera-se uma significativa redução dos tempos de troca de ferramentas e que isso possa contribuir diretamente para a redução do *Lead Time* de produção dos seus produtos. *Lead Time* é o tempo de processamento de um pedido, isto é, desde o momento que é recebido até o momento em que ele é entregue ao cliente, interno ou externo.

Este artigo está estruturado em seis seções, sendo esta a introdutória. A seção 2 apresenta a revisão na literatura acadêmica que fundamenta o artigo. A terceira seção apresenta o método de pesquisa que conduziu o estudo de caso que se encontra na seção 4. A quinta seção apresenta os resultados obtidos. A sexta e última seção conclui este artigo e aponta possíveis direções para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A metodologia utilizada foi de investigação qualitativa em uma indústria produtora de tubos, descrevendo e relatando todas as situações antes e após os passos da implementação das técnicas descritas na seção anterior. Lembrando que a indústria escolhida apresenta uma demanda crescente e ainda um *mix* de produtos relativamente alto.

O principal indicador utilizado no estudo foi o tempo gasto nas atividades de troca de diâmetro da máquina formadora de tubos.

### 2.1. TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

O sistema Toyota de Produção (STP) não seria bem sucedido se não houvesse também uma rápida troca na configuração de sua linha de montagem, uma vez que o STP se baseia em produzir lotes pequenos com grande variabilidade de tipos de produtos. Como reduzir os tempos nas trocas de ferramentas e ainda assim garantir a qualidade e a velocidade da produção enxuta? A solução para esta redução a qualquer circunstância vem do método desenvolvido há várias décadas por Shigeo Shingo. Shingo não era funcionário da Toyota, porém trabalhava muito próximo a ela. Ele era um engenheiro industrial meticuloso que prestava atenção em todos os movimentos dos funcionários. Através de suas observações e estudos, ele descobriu que, no processo de preparar o funcionamento de grandes prensas, a maior parte do trabalho poderia ser dividido em duas categorias: ou era algo que poderia ser realizado enquanto a prensa ainda estava produzindo (*Setup* externo) ou era algo que tinha que ser realizado enquanto o equipamento estava inoperante (*Setup* interno).

Tradicionalmente, na produção em massa, a primeira

medida a ser tomada para a realização de uma mudança na produção de um determinado produto é a parada da máquina. Shingo, após descobrir que parte do processo de *setup* poderia ser realizado externamente, ou seja, enquanto a prensa funcionava, organizou todo o processo de troca para esse propósito com o objetivo de que não houvesse nenhuma tarefa de preparação que o operador tivesse que realizar quando a prensa fosse desligada. Quando a prensa era desligada, tudo o que havia a ser feito era trocar os moldes e ligar a máquina novamente (Liker, 2004).

Daí surgiria mais tarde o termo utilizado por Shingo, o *Single Minute Exchange of Die* (SMED). O método foi posteriormente adotado por todas as fábricas da Toyota e continua a evoluir. Hoje ele é utilizado em todo o mundo.

Segundo Shingo (2000), os procedimentos de *setup* são infinitamente variáveis, dependendo do tipo de operação e do equipamento utilizado. Contudo, se estes procedimentos forem analisados sob outro ponto de vista, pode-se verificar que as operações de *setup* podem ser vistas como uma sequência de quatro passos, descritos a seguir:

**Passo 1:** Assegurar que todos os componentes e ferramentas estejam onde deveriam estar e funcionando em perfeitas condições;

**Passo 2 :** Remoção de componentes e das ferramentas após o término do processamento e sua instalação para a produção do próximo produto;

**Passo 3 :** Realizar medições e calibrações se houver necessidade;

**Passo 4 :** Ajustes após o processamento de uma peça.

Em operações de troca de ferramentas, geralmente o *setup* interno e o *setup* externo são confundidos e não há distinção. Na verdade, como não há diferenças óbvias, o que poderia ser realizado externamente é realizado com a máquina parada e assim os equipamentos ficam desligados por mais tempo. Para a implementação da TRF, deve-se analisar todos os detalhes do processo de troca, com fez Shingo nas máquinas prensadoras da Toyota, pois cada cadeia produtiva possui suas peculiaridades e particularidades.

Para Shingo, a análise da produção através da medição dos tempos seguindo a filosofia de Taylor é a melhor maneira de analisar um processo de *setup*. Além disso, um método extremamente eficiente é registrar o processo de troca utilizando uma filmadora. Este método apresenta uma vantagem interessante: oferece a oportunidade da visualização do próprio operador durante o processo, facilitando assim a identificação e a aplicação de melhorias.

Os custos para a preparação da máquina na mudança do tipo de produto a ser produzido englobam os custos do tempo de parada da produção, uma vez que a máquina não



está produzindo, custo da mão-de-obra paga para agregar valor ao produto e ainda os custos com o pedido. Além desses, são acrescidos os custos de matéria-prima perdida durante os ajustes iniciais do processo, quando existe este tipo de perda (Peinado *et Graemi*, 2007).

A aplicação do SMED ou TRF é realizada em três estágios. Shingo criou estes estágios quando realizou trabalhos em três diferentes instalações.

O primeiro estágio foi elaborado em 1950 em um estudo de melhoria de eficiência na planta da Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima, onde eram fabricados veículos de três rodas. Shingo percebeu em seus estudos a redução de perda de tempo que o *setup* na verdade poderia ser dividido em dois tipos diferentes: *Setup* interno e *Setup* externo.

Segundo SHINGO (2000), este é o estágio mais importante na implementação do SMED, que é identificar e distinguir o *setup* interno do *setup* externo. As atividades que devem ser realizadas previamente, como a preparação de componentes, manutenção e pré-montagens não devem ser feitas no momento em que a máquina estiver parada. Para isso são utilizados *checklists* para a verificação dos componentes e passos necessários para a operação, verificações das condições de funcionamento para garantir que eles estão em perfeitas condições de trabalho e ainda garantir e melhorar o transporte dos componentes.

O segundo estágio foi elaborado em 1957 quando Shingo foi convidado a realizar um estudo no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, também em Hiroshima. A planta não funcionava à plena capacidade para a qual foi projetada. Shingo observou que uma mesa era utilizada para realização da operação e também para o *setup*. Com isso, havia uma ocupação da mesa e esta não poderia operar enquanto houvesse a troca. Shingo então providenciou outra mesa para que o processo se *setup* fosse realizado separadamente.

Este estágio envolve duas noções muito importantes: As operações devem ser reexaminadas para verificar se alguma atividade foi erroneamente classificada como interna e finalmente os processos de troca devem ser analisados a fim de se tentar encontrar meios para converter os *setups* internos em externos. Esta conversão pode ser realizada utilizando métodos que possam preparar as condições operacionais antecipadamente. (Shingo, 2000).

O terceiro e último estágio foi elaborado em 1969, quando Shingo foi convidado pela Toyota Motor Company. As prensas levavam 4 horas para serem trocadas enquanto sua concorrente Volkswagen realizava o mesmo procedimento em duas horas. Shingo tomou cuidado em separar os *setups* em interno e externo e, a partir daí, iniciou um processo de melhoria em cada um deles separadamente. Shingo conseguiu reduzir o tempo de troca dos moldes para 90 minutos. Posteriormente, Shingo, aplicando suas técnicas de redução de tempos de *setups*, conseguiu converter todo

o *setup* interno em externo reduzindo o tempo de troca para somente 3 minutos.

Este último estágio é aplicado após a conversão do *setup* interno em externo. Nesta fase, uma análise detalhada é realizada em cada elemento da operação de troca para que as atividades possam ser eficazes e que durem o menor tempo possível. Todas as atividades do *setup* interno e externo devem ser analisadas, porém é interessante priorizar as operações de *setup* interno uma vez que esta é realizada com a máquina parada.

## 2.2. MAPEAMENTO DE PROCESSOS

O mapeamento de processos basicamente consiste em descrever os processos em termos de como as atividades dentro do processo se relacionam umas com as outras. Existem muitas técnicas que podem ser usadas para mapear o processo. O objetivo básico dessas técnicas é identificar as diferentes atividades que ocorrem durante o processo e mostrar como acontece o fluxo de materiais, pessoas ou informação através do processo. (Slack *et al.*, 2007)

O mapeamento de processos define claramente como funcionam os macros e subprocessos, seus relacionamentos, quem realiza cada atividade e quando. Os processos variam dentro de uma organização em consequência de uma variedade de fatos: pessoas diferentes com atividades de negócio distintas trabalham com instruções de diferentes gestores com fornecedores diferentes. A variação das entradas leva muitas vezes a variações nas saídas. (Oliver, 2010).

O mapa de processos de negócio de uma organização representa a forma como os processos são executados na vida real. De acordo com Oliver (2010), o modelo de processo de negócio tem como objetivos gerais:

- Servir de base para a melhoria dos processos
- Servir de base para a inovação dos processos
- Servir como repositório de conhecimento comum para a organização

O modelo de processos de negócio é uma representação abstrata da organização no presente, incluindo a sua estrutura, o seu relacionamento com o meio exterior, seus fluxos internos de trabalho, os sistemas de informação e máquinas que suportam a execução dos processos, etc. Este modelo deve definir o seguinte (Oliver, 2010):

- Atividades que são necessárias para caracterizar um processo.
- Quando as atividades são executadas, e qual a ordem de execução.
- Porque as atividades são executadas, qual é o objetivo do processo.



- Como as atividades são executadas.
- Quais os recursos consumidos e produzidos.

Diferentes símbolos de mapeamento de processo são às vezes usados para representar tipos diferentes de atividades. Eles podem ser arranjados em ordem e em série ou em paralelo para descrever qualquer processo.

De acordo com Cruz (2004), as atividades primárias são as que têm participação direta na criação do bem ou serviço.

Elas podem ser de dois tipos: Atividades críticas e Atividades não críticas.

As atividades críticas de um processo são todas aquelas que têm um papel crucial para a integridade do processo, ou do seu resultado. São também atividades sem folga de tempo e recurso, o que significa que não podem atrasar ou gastar mais do que devem para produzir a parte do produto ou serviço que lhes cabe produzir no processo. No *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) e *Critical Path Method* (CPM), estas atividades fazem parte do *caminho crítico*, ou seja, o caminho que em nenhuma hipótese pode ser percorrida com atraso sob o risco de comprometer todo o processo (Cruz, 2004).

De acordo com Cruz (2004), os atributos que tornam uma atividade crítica são:

- *Tempo de início*: É a medida exata do tempo necessário para que a atividade venha a ser executada. O tempo necessário para o início da atividade em processo de manufatura discreta envolve operações como a preparação, *setup*, do equipamento, ajustes do maquinário e em alguns casos uma rodada de testes.
- *Criticidade da matéria – prima*: A distância percorrida pela matéria-prima, sua origem, condições de transporte e armazenagem, assim como o tipo de fornecedor, podem ser fatores de risco para a atividade.
- *Criticidade do equipamento*: o tipo de equipamento utilizado, sua condição exclusiva, o histórico de manutenção podem indicar que um determinado equipamento contribui com um alto fator de risco para a cadeia produtiva.
- *Tempo de processamento*: O tempo real de produção é o núcleo da fabricação de um bem ou serviço. Esse tempo, muitas vezes pode não ter nenhuma folga com a qual se possa adiantar ou atrasar a produção. Por isso, dependendo do tipo de produto que estiver sendo feito, tangível ou intangível, o tempo de produção pode ser tão estreito que frequentemente nestes casos toda a cadeia depende exclusivamente da realização satisfatória dessa atividade, ou um grupo de atividades.

- *Tempo de término*: Algumas vezes o tempo de término de uma atividade se estende além do fim do tempo de produção ou troca de ferramenta. Esse tempo pode, também, ser crítico à medida que não estejam disponíveis todas as condições para mantê-lo sob controle.

Atividades não críticas são as atividades que fazem parte do processo e são necessárias para o alcance do resultado esperado, porém não têm predicados que as tornariam críticas, podendo ser realizadas dentro de parâmetros e condições mais flexíveis. Esse tipo de atividade tem, geralmente, tempos de início, processamento e término bastante elásticos e podem ser ajustados para cumprir uma determinada função ou ainda adequar-se em atividades críticas. (Cruz, 2004).

O processamento executado pelas atividades não críticas, por terem naturezas diversas das atividades críticas, pode ser dividido segundo algumas características que devem ser analisadas de acordo com o projeto de análise e modelagem de processo de negócio. Segundo Cruz (2004), as atividades não críticas podem ser analisadas como:

*Paralelismo*: muitos processos, depois de organizados, melhorados ou, até mesmo, depois de terem sofrido uma reengenharia, passam a ter a possibilidade de processar em atividades paralelas o que antes só era possível processar de forma sequencial. Isso significa que estas atividades podem ser executadas ao mesmo tempo em que outras. Com isso, as atividades se tornam mais flexíveis que as atividades executadas de forma sequencial.

*Exclusividade*: Algumas atividades podem ser executadas de forma completamente independente da cadeia produtiva. Porém são muito raras e transformam um subprocesso em uma única atividade.

*Tempo de início e término diverso*: O tempo de início e término de uma atividade não crítica ganha flexibilidade de acordo com os tempos das atividades do caminho crítico. Os tempos podem ser adiantados ou atrasados dentro de certos parâmetros.

### 2.3 MÉTODO PERT/CPM

Um dos principais objetivos do PERT e do CPM é a identificação do caminho que consome mais tempo, através da rede de atividades como base para o planejamento e controle de um projeto ou controle de um processo. Tanto o PERT quanto o CPM utilizam flechas e nós para a construção gráfica do projeto. Originalmente, as diferenças básicas entre o PERT e o CPM eram que o PERT utilizava flechas para representar as atividades, enquanto o CPM utilizava nós para essa representação (Davis *et al.*, 2000).





A grande semelhança entre elas fez com que o termo PERT/CPM passasse a ser utilizado como uma técnica apenas. De certa maneira, ambas as técnicas devem seu desenvolvimento a seu predecessor amplamente utilizado, o gráfico de Gantt. Para realizar o cálculo do caminho crítico, é importante seguir os três passos abaixo:

**Passo 1:** Identificar as atividades

**Passo 2 :** Sequenciar as atividades e construir a rede

**Passo 3 :** Determinar a sequencia de atividades que não possuem tempo de folga

### 3. METODOLOGIA

A abrangência deste estudo limitou-se à análise de apenas um estudo de caso realizado em uma empresa Nacional de médio porte que está no mercado há mais de 70 anos. Devido a isso, as observações e os relatos foram coletados unicamente com este objetivo.

A metodologia utilizada para demonstrar a eficácia dos métodos propostos neste trabalho foi um estudo de caso, ou seja, um método de investigação qualitativa em uma indústria produtora de tubos descrevendo e relatando todas as situações antes e após os passos da implementação da técnica, uma vez que a indústria escolhida para a aplicação do método apresenta uma demanda crescente e ainda um *mix* de produtos relativamente alto.

O principal indicador utilizado no estudo foi o tempo gasto antes e após sua implementação nas atividades de troca de diâmetro da máquina formadora de tubos.

A última etapa, em que são realizadas melhorias nas atividades de troca, estende-se até o sequenciamento das atividades que antes eram realizadas em série. É de se saber que podem surgir soluções mais eficazes que as apresentadas, uma vez que o processo de melhoria está em constante mutação, já que a filosofia segue os preceitos da melhoria contínua.

### 4. ESTUDO DE CASO

O processo de produção de tubos com costura é realizado em toda a sua produção por conformação mecânica, ou seja, deformação plástica do aço a fim de dar-lhe a forma circular em sua seção transversal. A máquina projetada para este fim possui um comprimento de aproximadamente 80 metros em toda a sua extensão. Atualmente, o tempo de setup gasto na empresa utilizada na aplicação do método possui 12 horas, ou seja, 1º turno e meio de trabalho dedicado somente à troca de ferramentas. Tempo este que não agrega valor nenhum ao processo de conformação (Shingo, 2000).

A empresa fonte do estudo produz tubos com diferentes diâmetros, cerca de 10 diâmetros diferentes. Sendo ainda

que, devido à aplicação específica dos produtos, a empresa não possui um estoque significante para suprir a demanda.

Torna-se então necessário à aplicação do método para uma redução significativa do tempo de troca do diâmetro do equipamento a fim de reduzir o tempo de troca de ferramentas da máquina (*downtime*).

A máquina responsável pela conformação dos tubos possui muitos equipamentos que efetuam diversas funções durante o processo. Por esse motivo, as trocas de diâmetro levam muito tempo, pois a maioria dos equipamentos precisa ser substituída e poucos são somente ajustados. As etapas que efetivamente aumentam o *downtime* são as etapas em que se agregam valor ao produto.

Os tubos podem ser produzidos em uma variada gama de matérias-primas (tipo de aço utilizado), que são normalmente fornecidas segundo especificações da *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, *Deustaches Institute for Normuns (DIN)*, *American Petroleum Institute (API)*, *American Institute of Steel and Iron (AISI)*, *Society of Automotive Engineers (SAE)*, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outras (Tebecherani, 2007).

A matéria-prima utilizada é comprada em forma de bobinas que são classificadas em dois grandes grupos de acordo com Tebecherani (2007) e apresentadas a seguir:

**Bobinas laminadas a frio – BF:** possuem uma cor clara, sendo necessários alguns cuidados especiais aos tubos produzidos nesta matéria-prima, pois ela é altamente susceptível a oxidação (corrosão, ferrugem). Estas bobinas são produzidas normalmente em espessuras abaixo de 2,00 mm e possuem melhor tolerância dimensional e acabamento. Devido seu processo de fabricação ser maior que as bobinas laminadas a quente, seu custo final é maior.

**Bobinas laminadas a quente – BQ:** Possuem uma cor escura e são menos susceptíveis a oxidação.

Os tubos podem ser armazenados e transportados em condições normais até mesmo em céu aberto (por pouco tempo) sem ter sua qualidade prejudicada. Estas bobinas são produzidas normalmente em espessuras acima de 2,00 mm e não possuem uma tolerância dimensional tão restrita quanto as BF, sendo que são também denominadas de Bobinas Grossas (BG), quando a espessura for superior a 5,00 mm. Quando for necessária em uma espessura de BQ uma melhor condição dimensional, podemos fazer uma relaminação a frio da chapa. Este processo também é utilizado para se obter espessuras não fornecidas pelas Usinas.

A máquina formadora de tubos em estudo tem a capacidade de produzir tubos com os diâmetros de ½", ¾", 1", 1 ¼", 1 ½", 2", 2 ½", 3", 4" e 5", totalizando um número 10 trocas possíveis no equipamento. Quando há uma troca



de espessura, a máquina não realiza substituição, somente pequenos ajustes são executados. Na Figura 1, temos uma visão da máquina formadora de tubos:



Figura 1: Máquina formadora de tubos

Fonte: Elaborada pelos autores, 2013.

O processo de formação de tubos com costura utilizando as bobinas como matéria prima segue o seguinte fluxo visto a seguir na Figura 2:

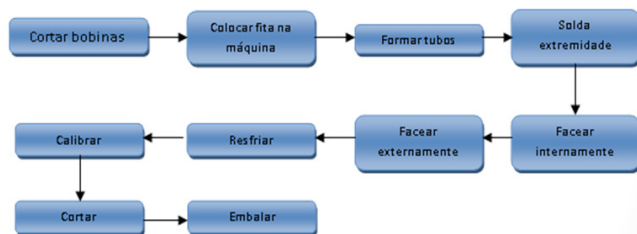


Figura 2: Fluxo de produção de tubos com costura.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2013.

As fitas são produzidas no processo de Corte de Bobinas. A máquina formadora recebe essas fitas já com a sua largura pré-determinada para o diâmetro do tubo que será produzido na formadora. O processo de corte de bobina não foi incluído no estudo de redução de *Setup*.

O diâmetro de trabalho e a espessura do tubo são determinados de acordo com planejamento realizados pelo setor de Planejamento e Controle da produção (PCP). As trocas são programadas com o objetivo de otimizar a produção do *mix* de produtos e na redução do *lead time* do cliente. Toda a informação sobre em qual momento realizar a troca da configuração da máquina é cedida pelo setor de planejamento.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

Durante o estudo, acompanhou-se varias trocas de ferramentas. Todas as atividades e seus respectivos tempos

de duração foram levantados e registrados. O tempo médio de troca antes das devidas medidas tomado foi, em média, de 12 horas.

### 5.1. TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

O primeiro estágio para a aplicação do método SMED é identificar todas as atividades e métodos envolvidos na troca de ferramentas da máquina. Nesta etapa, também foram levantados os tempos de cada atividade. Foram acompanhadas algumas trocas de ferramentas. Foi necessário acompanhar algumas vezes o processo devido ao número elevado de atividades e também do tempo de troca que se estendia até o outro turno de trabalho. Abaixo, na Tabela 1, seguem as atividades listadas e seus respectivos tempos:

Tabela 1: Atividades realizadas e seus respectivos tempos

EQUIPAMENTO	ATIVIDADE		TEMPO (min)	
	Número	Descrição		
Desenroladeira	1	Transportar fitas até a máquina	10	
	2	Colocar a Fita na desenroladeira	1	
	3	Medir a fita	1	
	4	Ajustar o rolete lateral	4	
	5	Ajustar o rolete puxador	1	
	6	Ajustar rolete aplainador	4	
	7	Ajustar os roletes laterais da solda	2	
	8	Ajustar solda e fresa	5	
	9	Ajustar Rolete de saída da solda	2	
Acumulador	10	Ajuste no rolete vertical	6	
	11	Esmerilhar arestas da fita	1	
	12	Ajuste no Pinch - Roll	3	
	13	Ajuste no rolete lateral	3	
	14	Acumular fita	17	
	16	Ajuste no rolete horizontal de saída	2	
	17	Ajustar roletes da formação	4	
Formadora	18	Cortar a fita da ultima formação	1	
	19	Desenfiar a fita da última formação	3	
	20	Desmontar o scarf	17	
	22	Montar torpedo	120	
	23	Suspender as ferramentas das cadeiras	11	
	25	Desconectar unid hidráulica	1	
	26	Substituir as ferramentas de formação	139	
	27	Trocar facas	19	
	28	Trocar Copos	70	
	29	Instalar o scarf	20	
	30	Troca da bobina de solda	66	
	Calibradora	31	Levantar ferramentas	16
		32	Retirar parafusos da sub-base	4
33		Substituir as cadeiras calibradoras	20	
34		Apertar parafuso da sub-base	3	
35		Substituir cabeças turcas	10	
Carro de corte	36	Substituir o motor	28	
	37	Trocar atracador	30	
Ajustes	38	Ajustes em geral	95	

Fonte: Elaborada pelos autores.



Com as atividades levantadas, o próximo passo é identificar quais atividades poderiam ser realizadas antes da interrupção do processo (*Setup* externo). As atividades que podem ser transformadas em *setup* externo são mostradas na Tabela 2, a seguir:

As atividades de *ajuste no acumulador* foram transformadas de *setup* interno em *externo* graças a grande capacidade de armazenamento do acumulador. O acumulador é um equipamento utilizado para estocar fitas de modo que a máquina não necessite parar no momento

Tabela 2: Conversão do *setup* interno em *setup* externo.

EQUIPAMENTO	ATIVIDADE		TEMPO (min)	Ates do SMED		Depois do SMED	
	Número	Descrição		Interno	Externo	Interno	Externo
Desenroladeira	1	Transportar fitas até a máquina	10		x		x
	2	Colocar a Fita na desenroladeira	1		x		x
	3	Medir a fita	1		x		x
	4	Ajustar o rolete lateral	4		x		x
	5	Ajustar o rolete puxador	1		x		x
	6	Ajustar rolete aplainador	4		x		x
	7	Ajustar os roletes laterais da solda	2		x		x
	8	Ajustar solda e fresa	5		x		x
	9	Ajustar Rolete de saída da solda	2		x		x
Acumulador	10	Ajuste no rolete vertical	6	x			x
	11	Esmerilhar arestas da fita	1	x			x
	12	Ajuste no Pinch - Roll	3	x			x
	13	Ajuste no rolete lateral	3	x			x
	14	Acumular fita	17	x			x
	16	Ajuste no rolete horizontal de saída	2	x			x
Formadora	17	Ajustar roletes da formação	4	x		x	
	18	Cortar a fita da ultima formação	1	x		x	
	19	Desenfiar a fita da última formação	3	x		x	
	20	Desmontar o scarf	17	x		x	
	22	Montar torpedo	120	x			x
	23	Suspender as ferramentas das cadeiras	11	x		x	
	25	Desconectar unid hidráulica	1	x		x	
	26	Substituir as ferramentas de formação	139	x			x
	27	Trocar facas	19	x		x	
	28	Trocar Copos	70	x		x	
	29	Instalar o scarf	20	x		x	
30	Troca da bobina de solda	66	x		x		
Calibradora	33	Substituir ferramentas calibradoras	86	x			x
	35	Substituir cabeças turcas	10	x		x	
Carro de corte	36	Substituir o motor	28	x		x	
	37	Trocar atracador	30	x		x	
Ajustes	38	Ajustes em geral	95	x		x	



em que ocorrer a solda das extremidades das fitas. O acumulador tem a capacidade de acumular até cinco rolos de fitas. Aproveitando esta propriedade, minutos antes do início da troca os operadores do acumulador e da desenroladeira são orientados pelo líder de produção a acumular as cinco fitas finais no equipamento. Com essa medida, a máquina formadora de tubos não para até o início da atividade de Corte de fita (**Atividade 18 da Tabela 2**).

Através da tabela, é possível observar que as atividades que contribuíam com o maior tempo de troca foram transformadas em setup externo. A atividade de *montar o torpedo*, que é uma ferramenta responsável pela remoção interna do excesso de material proveniente da solda por indução eletromagnética do tubo, é realizada pelo setor de Ferramentaria. A peça, antes da aplicação do método SMED, era montada durante o processo de troca, ou seja, não havia uma prévia preparação devido à falta de comunicação entre o setor de PCP e o setor de Ferramentaria. Identificado essa falha, tomaram-se medidas para que este equipamento estivesse sempre disposto e pronto antes do setup da máquina. Existem torpedos para cada diâmetro a ser produzido. Os torpedos são utilizados em todas as máquinas formadoras da empresa.

Outro processo que reduziu significativamente a troca foi a preparação das ferramentas de formação e calibração antes do processo de troca. Conseguiu-se este feito adquirindo módulos sobressalentes. Assim, as montagens das ferramentas eram feitas nestes módulos reservas. Substituindo assim a tarefa de *Substituir as ferramentas de formação e calibração* por *Substituir os módulos de formação e calibração*. O tempo gasto agora seria apenas o de transporte destes módulos para o equipamento de formação, que passou de 139 min e 86 min para 25 min e 10 min respectivamente (Formação e Calibração).

O tempo total de troca após a aplicação do método passou de 720 min ou 12 horas para 375 min ou 6,25 horas.

## 5.2. REALIZANDO O MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Para realizar o processo de melhoria em cada operação do *setup* total, foi necessária a identificação de cada etapa do processo de troca de diâmetro, bem como a ordem e como essas atividades se relacionam por prioridade ou sequência de troca. Para isso, foi utilizada uma ferramenta chamada *Mapeamento de Processo*.

O mapeamento dos processos possibilita e facilita a construção de sistemas de medições (indicadores de desempenho), avaliando em tempo real a execução das tarefas, medições dos resultados, custos, produção, produtividade, etc., tornando mais fácil o seu gerenciamento.

Uma vez feito isso, não pode haver incerteza quanto às exigências de todos os processos de *setup*. Uma ilustração

de processos de troca é produzida. O primeiro passo para ganhar controle sobre uma organização é conhecer e entender os processos básicos (Deming, 1982; Juran, 1988; Taylor, 1911).

A seguir, na Figura 3, se mostra o mapeamento do macroprocesso identificado antes da aplicação do método:



Figura 3: Mapeamento dos macroprocessos.  
 Fonte: Elaborada pelos autores, 2013.

Realizado o mapeamento, constatou-se que todas as atividades *Macro* eram realizadas em série, ou seja, não havia nenhuma atividade sendo realizada simultaneamente. Todas as atividades eram realizadas passo-a-passo. Para redução dos tempos, seria necessário identificar quais tarefas poderiam ser realizadas simultaneamente e quais os recursos seriam necessários para esta mudança.

## 5.3. IDENTIFICANDO AS ATIVIDADES EM PARALELO

Para identificar quais atividades poderiam ser realizadas em paralelo, levantaram-se quais eram as Interrelações entre as atividades de *Setup*. O layout abaixo, Figura 4, mostra que existem atividades que podem ser realizadas em paralelo já que não há uma interdependência direta no processo de troca:



Figura 4: Mapeamento dos fluxos em paralelo.  
 Fonte: Elaborada pelos autores, 2013.

Para que as atividades que, até o momento, eram realizadas em série pudessem ser realizadas em paralelo com outros processos de troca da máquina, surgiu a necessidade de realizar modificações e adaptações na estrutura do processo de *setup*. Durante o acompanhamento das trocas, observou-se que dois funcionários responsáveis pelo ajuste e operação da desenroladeira e do acumulador ficavam ociosos após os ajustes nesses equipamentos. Eles foram treinados e, após os ajustem em seus postos, os mesmos se integram às outras atividades restantes. Além disso, as atividades de ajuste no carretel e na desenroladeira são realizados antes da parada do equipamento.





Uma ponte rolante utilizada para armazenagem de tubos formados que também ficava ociosa durante a troca foi utilizada para realizar a troca no carro de corte.

Os processos de ajuste na desenroladeira e ajuste no acumulador são realizados em série conforme o fluxo acima. Estes *setups* também são realizados externamente, pois a máquina continua funcionando devido ao acúmulo de fitas no acumulador. Enquanto a máquina está formando tubos com a fita do processo anterior, os ajustes podem ser feitos sem a interrupção do processo. Porém, para dar início ao processo de troca nos outros equipamentos, a fita antiga precisa ser passada para que haja as trocas e a nova fita possa ser conduzida à formação. O processo de troca de ferramenta, troca na calibradora e troca no carro de corte e Ajustes *Finais* só se iniciam após a retirada da fita antiga. A fita antiga é cortada na saída do acumulador. Depois do corte, a fita que ainda está em processo é passada para formar os tubos finais do processo anterior. Daí então se tem início as atividades seguintes de *setup* no restante do equipamento.

A seguir, na Tabela 3, encontram-se as atividades listadas no processo de Setup interno da formadora, seus tempos e suas predecessoras imediatas:

#### 5.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO PERT/CPM

Para identificar o novo tempo da troca de ferramentas após as modificações feitas no *setup* e ainda

para uma possível melhoria nesse tempo, construiu-se a rede PERT/CPM considerando as microatividades que compõem as macroatividades do Setup interno de troca da Formadora, o que pode ser visto na Figura 5, a seguir.

Analisando o diagrama PERT/CPM e verificando todos os caminhos possíveis, o caminho crítico ou CPM é encontrado analisando o caminho que leva o maior tempo para percorrer o trajeto:

$$\begin{aligned} \text{CAM ( 1-2-3-4-5-6-10-15) } &= \\ 1+3+17+11+1+25+20+95 &= 173 \text{ min} \\ \text{CAM ( 1-2-3-7-8-9-15) } &= 1+3+17+19+70+66+95 = \\ \mathbf{271 \text{ min}} & \\ \text{CAM ( 1-11-12-15) } &= 1+10+10+95 = 116 \text{ min} \\ \text{CAM ( 1-13-14-15) } &= 1+28+30+95 = 154 \text{ min} \end{aligned}$$

Portanto, concluiu-se que o caminho crítico é o caminho que percorre as atividades: (1-2-3-7-8-9-15), com um tempo total de 271 minutos.

O trabalho de redução do tempo do *setup* de troca de diâmetro na formadora em estudo foi realizado até esta etapa. O tempo final de troca passou de 12 horas para 4,52 horas, uma redução de quase três vezes o tempo do início do estudo. A seguir, deixamos algumas sugestões de melhorias que podem reduzir ainda mais o tempo do *setup* total, tempo que é determinado única e exclusivamente pelo tempo do caminho crítico da troca de diâmetro do

Tabela 3: Atividades do Setup interno.

EQUIPAMENTO	ATIVIDADE		TEMPO (min)	Predecessoras imediatas
	Número	Descrição		
Formadora	1	Cortar a fita da ultima formação	1	-
	2	Desenfiar a fita da última formação	3	1
	3	Desmontar o scarf	17	2
	4	Suspender as ferramentas das cadeiras	11	3
	5	Desconectar unid hidráulica	1	4
	6	Substituir os módulos de formação	25	5
	7	Trocar facas	19	3
	8	Trocar Copos	70	7
	9	Troca da bobina de solda	66	8
	10	Instalar o scarf	20	9
Calibradora	11	Substituir módulo de calibração	10	1
	12	Substituir cabeças turcas	10	11
Carro de corte	13	Substituir o motor	28	1
	14	Trocar atracador	30	13
Ajustes	15	Ajustes em geral	95	10, 9, 12, 14

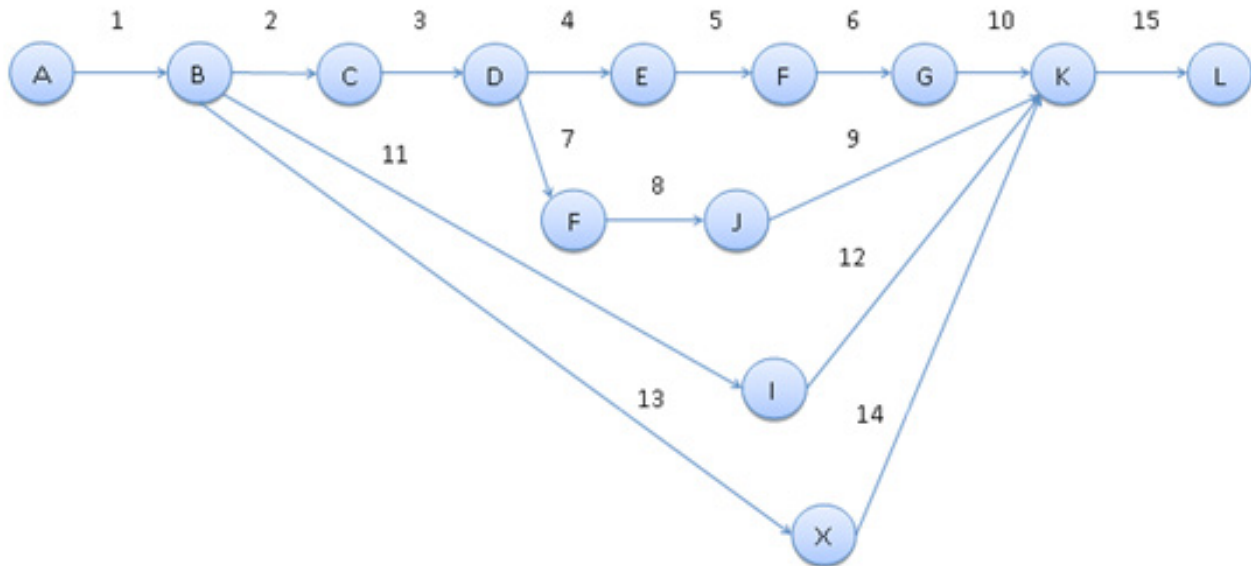


Figura 5: Rede PERT/CPM dos processos.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2013.

equipamento encontrado acima. Qualquer medida a ser tomada para a redução do caminho crítico poderá tornar o segundo caminho que dura mais tempo, o caminho (1-2-3-4-5-6-10-15), o novo caminho crítico.

## 6. CONCLUSÕES

Todas as modificações feitas no processo de setup da troca de ferramentas da máquina formadora de tubos foram padronizadas.

A melhoria do processo de setup, no qual houve considerável diminuição dos tempos de setup, gerou uma grande diminuição do *lead time* na produção de tubos. Isso reduziu o número de estoques intermediários de fitas, melhorando a logística de fabricação. A redução do *lead time* também foi de grande importância na determinação dos prazos de entrega do produto ao cliente. O que foi realizado constituiu uma forma de racionalizar o recurso tempo devido à necessidade de uma melhor utilização da capacidade produtiva da empresa produtora de tubos. Os ganhos resultantes com o novo sistema foram: dois operadores treinados e remanejados para ajudar no *setup* interno, uma Ponte Rolante para o processo de *setup* interno, quatro módulos para a substituição das ferramentas formadoras e calibradoras, agilidade no processo de troca e redução do *setup* de 12 horas para 4,53 horas. Dentro do mercado competitivo da indústria metalúrgica, é importante que as empresas utilizem o máximo possível de sua capacidade

produtiva para se manterem firmes e competitivas no mercado.

Identificado o caminho crítico da troca de diâmetro do equipamento, constata-se que agora o tempo de troca, após a modificação da execução das atividades que antes eram realizadas em série e agora são realizadas em paralelo, é de 271 min ou 4,52 horas. Uma redução de 1,73 horas do tempo de troca após a transformação de três atividades do *setup* interno em *setup* externo. Conhecendo o caminho crítico, podemos reduzir o tempo de setup ainda mais, atuando em melhorias nas atividades que mais contribuem para o aumento do tempo crítico.

Lembrando que, após a redução nestes tempos, o caminho crítico será alterado e o trabalho de redução no tempo de setup pode continuar até onde for conveniente para a organização, ou seja, haverá outros caminhos críticos e, assim, a otimização dos tempos pode ser contínua.

Outra atividade que causa impacto são as trocas dos copos da bobina de solda, que apresentam grande dificuldade devido ao número grande de parafusos pequenos que fixam as peças e também o pequeno espaço onde se encontram estes equipamentos. Por último, será verificada a possibilidade de redução dos tempos nos ajustes finais, pois foi observado que, durante a troca, os operadores se deslocavam frequentemente até o painel de comando para verificar se as modificações feitas estavam de acordo com os parâmetros de funcionamento.



## REFERENCIAS

Cruz, T. (2004), *Workflow II A tecnologia que Revolucionou processos*. Rio de Janeiro: E- papers Serviços Editoriais Ltda, 2004.

Davis, M. M.; Aquilano, N. J.; Chase, R.B. (2000), *Fundamentos da Administração da Produção, 3º Edição*. Porto Alegre: ARTMED EDITORA S.A.

Liker, J. K. (2004), *O modelo Toyota – Princípios de gestão*. Porto Alegre: Bookman.

Oliver, C. R. P. (2010), *Projetos de ECM / BPM Os segredos da Construção Volume 2, 1º Edição*. São Paulo: Biblioteca 24x7.

Shingo, S. (2000), *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas*. Tradução: Eduardo Schaan e Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman.

Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R. ; Betts, A. (2007), *Gerenciamento de operações e de processos princípios básicos e prática de impacto estratégico*. Porto Alegre: ARTMED EDITORA S.A.

Tebecherani, C. T. P.: *Noções sobre tubos de aço carbono com costura*, Edição 37. Siderurgia Brasil.