



## TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: PROPOSTA METODOLÓGICA E ESTUDO DE CASO

**Flávio Sanson Fogliatto**

**Paulo Ricardo Motta Fagundes**

Laboratório de Otimização de Produtos e Processos da  
Escola de Engenharia (LOPP), Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Praça Argentina, 9, sala 402, Porto Alegre,  
RS, CEP 90040-020, e-mail: ffogliatto@ppgep.ufrgs.br

Recebido em 11/7/2002

Aceito em 5/2/2003

### **Resumo**

*A troca rápida de ferramentas (TRF) tem por objetivo reduzir o tempo de preparação (ou setup) de equipamentos, minimizando períodos não-produtivos no chão-de-fábrica. Como consequência, é possível a redução do tamanho dos lotes de produção na manufatura. A TRF fundamenta-se em técnicas que enfatizam o trabalho cooperativo em equipe e a proposição de formas criativas de melhoria de processos. Este artigo apresenta uma proposta metodológica para a TRF, constituída dos seguintes passos: definição do projeto, planejamento das atividades, treinamento da equipe de implantação, implantação propriamente dita, acompanhamento e consolidação. Um estudo de caso desenvolvido na indústria moveleira ilustra a metodologia proposta.*

**Palavras-chave:** troca rápida de ferramentas, tempo de preparação, setup, metodologia SMED.

### **1. Introdução**

A troca rápida de ferramentas (TRF) pode ser descrita como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipa-

mentos, possibilitando a produção econômica em pequenos lotes. A utilização da TRF auxilia na redução dos tempos de atravessamento (*lead times*), possibilitando à empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado. Outra vantagem

da TRF é a produção econômica de pequenos lotes de fabricação, o que geralmente exige baixos investimentos no processo produtivo (Shingo, 2000). Além disso, a TRF reduz a incidência de erros na regulação dos equipamentos (Harmon & Peterson, 1991).

O *lead time* é fator diferencial no custeio de um processo de manufatura. Sua redução resulta em menores custos de operação e agrega benefícios ao consumidor. Movimentações de materiais por meio de operações mais rápidas resultam em sistema mais enxuto e produtivo (Garcia *et al.*, 2001). A redução do *lead time* proporciona aproximação entre requisitos do cliente e resposta da empresa, resultando em fidelidade de clientes e em menor complexidade gerencial. O tempo ganho com a redução do *lead time* é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos da manufatura (Slack, 1993).

A redução do tempo gasto em *setup* é condição necessária para diminuir o custo unitário de preparação. Tal redução é importante por três razões (Harmon & Peterson, 1991): 1. quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes, aumentando o investimento em estoques; 2. as técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas diminuem a possibilidade de erros na regulação dos equipamentos; e 3. a redução do tempo de *setup* resultará em aumento do tempo de operação do equipamento.

A TRF é essencial para a obtenção das qualidades necessárias à manutenção da estratégia competitiva das empresas em relação aos clientes e mercados e, principalmente, para atingir uma produção *just in time*, em que tais qualidades dependem da redução do *lead time*. A redução do *lead time* depende da redução dos estoques intermediários, da sincronização da produção e do tamanho dos lotes de fabricação. A redução do tamanho dos lotes é função da redução dos tempos de *setup*, isto é, possui elevado grau de dependência na TRF.

Neste trabalho, é descrita uma metodologia genérica para implantação da TRF, elaborada

a partir de revisão de literatura e considerações de caráter prático, derivadas de testes em campo. Essa metodologia inova ao propor quatro grandes estágios para implantação da TRF: 1. estratégico; 2. preparatório; 3. operacional; e 4. de comprovação.

No estágio estratégico, a metodologia enfoca a criação de ambiente favorável à implantação, enfatizando o envolvimento de funcionários da empresa em todos os seus níveis hierárquicos e planejando a formação de times de implantação. O estágio preparatório é o primeiro passo para as ações voltadas à definição das estratégias de implantação da TRF, assim como da análise e da avaliação do processo atual. O estágio operacional consiste na aplicação prática das metodologias propostas para TRF, buscando um procedimento que possa ser aplicado de maneira genérica, independente do ramo de atuação e das características de cada empresa. O último estágio, de comprovação, consiste na consolidação das estratégias e das técnicas utilizadas na implantação da metodologia de TRF. A partir desse estágio, o ambiente deve estar preparado para ações de continuidade voltadas à redução do tempo de *setup*, no que se refere a novos projetos de produtos e processos, e à definição das políticas que determinarão o futuro da planta produtiva.

A metodologia proposta é ilustrada por meio de um estudo de caso, em que a metodologia de TRF é aplicada para reduzir o tempo de *setup* em equipamentos de furação em uma linha de produção de roupeiros, em uma indústria moveleira.

## 2. Estratégias e técnicas para aplicação da TRF

O objetivo da TRF é a redução e a simplificação do *setup*, por meio da redução ou eliminação das perdas relacionadas à operação de *setup*. Na prática, a TRF é desdobrada em estratégias e técnicas de implantação, sendo esses os objetos de estudo desta seção. A análise parte da metodologia seminal proposta por Shingo (1996, 2000), designada *Single-Minute Exchange*

of Die (SMED – livremente traduzida por TRF em tempos inferiores a 10 minutos), comparando-a às proposições de outros três autores: Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998). O comparativo é complementado por artigos que reportam *surveys* bibliográficos e aplicações da TRF.

Shingo (1996, 2000) define TRF a partir de uma visão primeiramente estratégica, seguida de conceitos para implantação da ferramenta e técnicas de apoio. Dois grupos de estratégias são sugeridos para minimizar as perdas decorrentes da troca de produtos em uma operação:

1. *Estratégias envolvendo habilidades*: procedimentos eficientes no *setup* resultam do conhecimento sobre o equipamento em estudo e da habilidade e experiência do operador nas tarefas inerentes ao procedimento de *setup*. Em máquinas mais complexas, utiliza-se o conceito do preparador (operador especialista em preparação de máquina), ficando o operador do equipamento com as tarefas auxiliares da preparação.
2. *Estratégias envolvendo tamanho de lote*: para reduzir as perdas decorrentes de *setups* longos sobre o desempenho do sistema, uma solução é aumentar o tamanho do lote para compensar a parada do equipamento. A fabricação de grandes lotes, entretanto, pode ser indesejável se resultar em produção antecipada ou formação de estoques. A TRF permite a redução dos custos de *setup* dos em lotes, resultando em lotes de fabricação de tamanho reduzido.

O processo de melhoria no tempo de troca de ferramentas proposto por Shingo (2000) é constituído de quatro estágios. No estágio 1, não se distinguem as condições de *setup* interno (que ocorrem com a máquina parada) e externo (que ocorrem com a máquina em operação). O objetivo é analisar a operação atual de *setup*, com participação dos operadores envolvidos na preparação em estudo. No estágio 2, considerado

o mais importante da implantação da TRF, ocorre a distinção entre as operações de *setup* interno e externo. No estágio 3 ocorre análise da operação de *setup*, com o objetivo de verificar a possibilidade de converter operações de *setup* interno em externo. No estágio 4 é realizada análise de cada ação das operações de *setup* interno e externo, buscando sua racionalização por meio da eliminação de ajustes e operações do *setup*.

Esses estágios deixam claro que a TRF é composta por duas ações principais, análise e implementação, salientando a distinção entre as operações de *setup* interno e externo e a racionalização dos elementos componentes das ações de *setup*. Para a aplicação dos estágios conceituais da TRF, propõe-se o emprego de oito técnicas: 1. separar operações internas e externas; 2. converter *setup* interno em externo; 3. padronizar a função dos elementos de *setup*; 4. utilizar fixadores funcionais nos equipamentos ou eliminar fixadores; 5. utilizar dispositivos intermediários para eliminar ajustes durante o *setup* interno; 6. adotar operações paralelas; 7. otimizar operações eliminando a necessidade de ajustes; e 8. mecanizar as operações.

A TRF proposta por Mondem (1983) consiste em quatro estratégias e seis técnicas de implantação. O conteúdo das estratégias segue o mesmo enfoque de Shingo (1996, 2000). As principais estratégias em Mondem (1983) são: distinção das ações de preparação interna e externa; eliminação de ajustes por meio de estudos na fase de projeto e busca de padronização das ferramentas; e eliminação do processo de troca de ferramentas por meio da intercambiabilidade entre peças e produção simultânea de várias peças. O principal aspecto que diferencia as técnicas em Mondem (1983) e Shingo (1996, 2000) está na proposta de análise conjunta da conversão do *setup* interno em externo e da padronização da função, salientando a importância de padronizar somente peças necessárias à redução do tempo de troca da ferramenta, confrontando o custo do investimento com a redução do *setup*.

Harmon & Peterson (1991) não formalizam uma proposta metodológica de TRF. Todavia, alguns aspectos elencados pelos autores merecem destaque. Eles propõem classificação das operações de *setup* em três tipos: 1. *mainline* (ou principais) – operações que correspondem ao *setup* interno; 2. *offline* (ou secundárias) – operações que correspondem ao *setup* externo; e 3. desnecessárias – operações que não contribuem para a melhoria do *setup* e que deveriam ser eliminadas. Os autores também propõem a eliminação do processo de tentativa e erro, utilizando documentação de regulagens, revisões periódicas e calibrações dos dispositivos de controle e manutenção preventiva do equipamento.

Para Black (1998), a TRF é um método científico baseado na análise de tempos e movimentos relativos às operações de *setup*. A adoção da TRF não requer, obrigatoriamente, grandes investimentos em equipamentos. Sua estratégia de implantação da TRF é dividida em sete passos básicos, contrapondo-se aos quatro estágios de Shingo (1996, 2000). O primeiro passo na metodologia de Black (1998) é determinar o método existente, utilizando a análise das operações com o estudo dos tempos e movimentos relativos à operação de *setup*. Os passos 2, 3 e 4 (respectivamente, separar os elementos internos dos externos, converter *setup* interno em externo e reduzir ou eliminar os elementos internos) são essencialmente os estágios 2 e 3 de Shingo (1996, 2000). O estágio 4 de Shingo está detalhado nos passos 5, 6 e 7 (aplicar análise de métodos, padronização e prática dos *setups*, eliminar os ajustes e abolir o próprio *setup*, respectivamente). No passo 5, utilizam-se técnicas de análise de métodos, com a participação efetiva dos operadores examinando os métodos de realização do *setup* interno. Treinamento e qualificação do operador, objetivando a multifuncionalidade, também fazem parte dessa etapa. Para o passo 7, de eliminação total ou realização automática do *setup*, utiliza-se o conceito da intercambiabilidade entre peças. Para cada uma das sete estratégias para redução do *setup*, Black (1998)

propõe o emprego de técnicas específicas, similares àquelas propostas por Shingo (1996, 2000).

McIntosh *et al.* (2000) apresentam um *survey* bibliográfico e avaliação crítica do SMED. Segundo esses autores, a metodologia pode ser separada em três partes: 1. conceito; 2. metodologia; e 3. programa de melhoria. A identificação e a aplicação de técnicas de melhoria estão relacionadas a cada uma das partes. No contexto de programa de melhoria, utilizam-se técnicas de *Kaizen*, sob o enfoque do comprometimento da equipe de trabalho em utilizar a capacidade criativa na melhoria dos métodos existentes. A consideração mais importante em McIntosh *et al.* (2000) diz respeito ao período de *run-up* (período, após a realização do *setup*, até a estabilização do processo, em que há possibilidade de ocorrência de ajustes). Esse período de *run-up*, apesar de significativo, geralmente não está claramente identificado, fazendo com que não seja percebido durante o tempo em operação do equipamento.

Aplicações da TRF na indústria são reportadas nos trabalhos de Moxham & Greatbanks (2000) – indústria têxtil – e de Gilmore & Smith (1996) – indústria farmacêutica; outras referências a aplicações podem ser encontradas em McIntosh *et al.* (2000).

### 3. Proposta metodológica para troca rápida de ferramentas

A metodologia proposta para a TRF está dividida em quatro estágios: 1. estratégico; 2. preparatório; 3. operacional; e 4. de comprovação. A descrição dos estágios, detalhada em suas etapas de composição, é apresentada na seqüência.

#### 3.1 Estágio estratégico

##### 3.1.1 Convencimento da alta gerência

A alta gerência pode ser considerada o nível hierárquico da empresa que possui maior grau de influência nas decisões que envolvam mudanças que necessitem de investimentos ou

tenham, como resultado final, alterações significativas no processo de manufatura da empresa. O convencimento da alta gerência pode ser promovido pela visualização da necessidade de mudança e dos possíveis resultados de melhoria. Tais argumentos permitem obter o comprometimento dessa classe diante da introdução de um novo processo; no caso, uma metodologia para a TRF.

No contexto da TRF, para o comprometimento da alta gerência é necessário o conhecimento dos seguintes aspectos: 1. estratégias e técnicas para a troca rápida de ferramentas; e 2. noção dos resultados que possam vir a ser alcançados.

A necessidade de mudança, seja imposta pela alteração das características de mercado seja pela visualização das melhorias que podem ser alcançadas, é favorável à solidificação da posição da empresa em seu mercado alvo. Esses dois argumentos são suficientes para o início de um projeto de implantação da TRF. Para a obtenção de melhorias no tempo de *setup*, o conhecimento das estratégias e técnicas de aplicação da TRF e a noção dos resultados que possam ser alcançados formam uma base de conhecimento inicial indispensável à alta gerência.

### 3.1.2 Definição de metas

As metas para a implantação de um projeto de TRF devem levar em consideração três fatores: 1. existência e análise de indicadores que comprovem a situação inicial dos tempos de *setup* antes do início do projeto; 2. definição do porcentual de redução de tempo de *setup* que se deseja alcançar; e 3. definição de cronograma de implantação que contenha a seqüência das atividades de implantação, os responsáveis por atividade e uma estimativa de tempo para a conclusão de cada atividade.

### 3.1.3 Escolha da equipe de implantação

A definição da equipe de implantação é um ponto de grande importância no projeto de im-

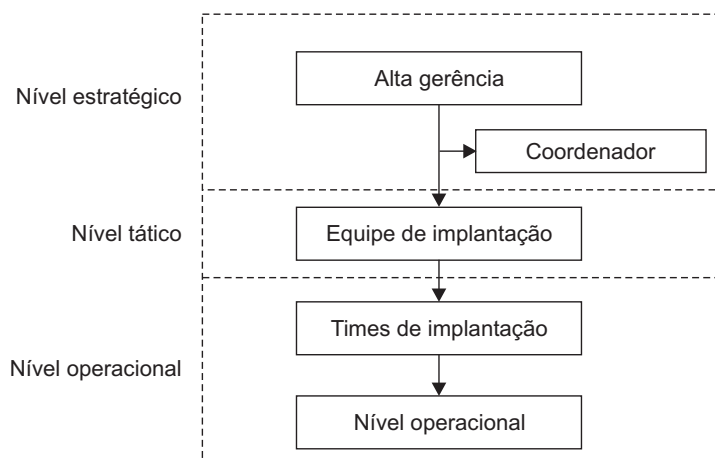
plantação de metodologia para TRF. A equipe de implantação é responsável pela velocidade e pelo sucesso das ações no projeto de implantação. Os times de implantação, conforme a Figura 1, são formados por funcionários que trabalham na melhoria das operações e processos; a equipe de implantação, por sua vez, coordena e acompanha o desenvolvimento da implantação da TRF em toda a empresa.

De acordo com a estrutura do organograma na Figura 1, a alta gerência e o coordenador possuem a função de definir e acompanhar estrategicamente o projeto. A equipe de implantação é responsável pela definição e acompanhamento de todas as ações do projeto de implantação da TRF. Os times de implantação e o nível operacional (operadores de máquinas e auxiliares) são os responsáveis pela implantação das ações definidas pela equipe de implantação.

Algumas características importantes que a equipe de implantação deve possuir são: conhecimento dos processos, autonomia, capacidade de liderança, posição de respeito e presença de representantes de todas as áreas da empresa.

### 3.1.4 Treinamento da equipe de implantação

O conhecimento da metodologia de TRF a ser repassado à equipe de implantação deve ser abrangente, analisando todas as estratégias e técnicas de aplicação, com base em casos bem-sucedidos em relação à sua aplicação prática. Os seguintes aspectos devem ser observados durante o treinamento da equipe de implantação: 1. o número de participantes da equipe de implantação deve ser suficiente para que haja pelo menos uma pessoa da equipe em cada time de implantação, para atuarem como multiplicadores; 2. emprego de exemplos práticos, com visitas a empresas que já tenham adotado uma metodologia de redução dos tempos de *setup* com sucesso; e 3. o conhecimento adquirido pela equipe de implantação deve ser o suficiente para possibilitar o repasse da metodologia a todos os participantes dos times de implantação.



**Figura 1 – Organograma para implantação da metodologia de TRF.**

Quanto aos times de implantação, o treinamento pode ter enfoque voltado à aplicação prática da metodologia. O conhecimento de todas as estratégias e técnicas é importante, mas pode ocorrer de maneira menos abrangente, objetivando o entendimento, a conscientização da necessidade de redução, o comprometimento de todos os membros do grupo e a visualização de uma oportunidade de melhoria em relação à redução dos tempos de *setup*. O treinamento pode ser realizado pelos componentes da equipe de implantação, enfatizando características inerentes à cultura da empresa.

### 3.1.5 Definição da estratégia de implantação

A estratégia de implantação corresponde ao planejamento do projeto de TRF. O planejamento é a atividade que envolve a identificação das alternativas potenciais de ação que possam satisfazer um objetivo e a avaliação dos meios necessários para sua implementação (Ghinato, 1996). O primeiro passo para a definição da estratégia de implantação de uma metodologia de TRF é a definição de um coordenador para o projeto (ver Figura 1). Como características de perfil do coordenador, devem ser observados os seguintes aspectos: conhecimento das estratégias e técnicas para aplicação da metodologia de TRF; capacidade de liderança; poder e

autoridade para tomada de decisões quanto a investimentos e mudanças; e conhecimento de sistemáticas para trabalho em grupos.

A função do coordenador é de controle e acompanhamento das ações definidas no cronograma de implantação. Nesse cronograma, todas as ações elaboradas pela equipe de implantação devem ser descritas em formulário-padrão, disponibilizado a todos os membros da equipe de implantação.

## 3.2 Estágio preparatório

### 3.2.1 Definição do produto a ser inicialmente abordado

Nesta etapa, os esforços devem estar dirigidos a produtos pertencentes à categoria A da curva ABC dos produtos da empresa (para detalhamento sobre a classificação de itens usando a curva ABC, ver Elsayed & Boucher, 1994, entre outros). Toda a redução do tempo de *setup* obtida nesses itens poderá ter maior impacto financeiro na empresa. Todos os produtos devem fazer parte da aplicação prática da metodologia de TRF.

O uso da curva ABC pode determinar uma seqüência de implantação da metodologia nos produtos da empresa e essa seqüência deve levar a ganhos financeiros mais significativos, incrementando a motivação para maior utilização da metodologia na empresa. Produtos com ciclo de

vida curto ou em final de produção não devem ser considerados.

### **3.2.2 Definição do processo a ser inicialmente abordado**

Conforme Shingo (2000), uma metodologia de TRF deve ser aplicada a todas as atividades produtivas do processo de manufatura que contenham operações de *setup*. É importante observar, todavia, que projetos dessa natureza envolvem mudança de comportamento, devendo ser iniciados por meio de experiência piloto. A definição de um processo piloto ou inicial é importante para que haja sedimentação dos conceitos da metodologia de TRF e teste prático dos novos conhecimentos adquiridos. A definição do processo piloto possibilita reavaliação e revisão de ações que porventura não tenham obtido êxito na aplicação prática, antes de sua replicação em outros processos da empresa.

A definição do processo inicial é um complemento da etapa anterior, pois, após verificado o produto a ser focalizado na primeira implantação da metodologia, deve-se determinar o processo piloto, seguindo a idéia de trabalhar no processo gargalo, em que os ganhos possam efetivamente ser maiores. O processo piloto, trabalhado pelos membros da equipe de implantação, será um laboratório com a participação de todos os membros da equipe; seus resultados positivos devem ser elementos promotores da motivação e envolvimento de toda a empresa.

### **3.2.3 Definição da operação a ser inicialmente abordada**

Segundo Kannenberg (1994), sob o enfoque da Teoria das Restrições proposta por Goldratt & Cox (1992), após a utilização dos conceitos de identificação das restrições, pode-se encontrar na aplicação prática de uma metodologia de TRF possibilidade de solução para a restrição, o que pode evitar a aquisição de novos equipamentos e, principalmente, estabelecer uma operação para dar início à aplicação prática da metodologia de TRF.

## **3.3 Estágio operacional**

### **3.3.1 Análise da operação a ser inicialmente abordada**

Todas as atividades inerentes ao *setup* da operação a ser inicialmente abordada são relacionadas por meio de uma lista de verificação, contendo a descrição das atividades realizadas no *setup* quanto a seu tempo médio de execução e indivíduos responsáveis. A elaboração da lista de verificação permite, além da documentação das atividades do *setup*, a identificação e a análise de cada atividade. Com a documentação dessas atividades, pode-se concluir pela não necessidade de realização de algumas atividades no procedimento normal de *setup*.

Para racionalizar a análise das atividades documentadas na lista de verificação, podem ser utilizadas técnicas de análise e solução de problemas ou a filmagem da operação de *setup* para estudo posterior. A filmagem pode ocorrer, também, após a implantação de cada melhoria, verificando as situações inicial e final e utilizando o vídeo como elemento de motivação na continuidade do processo de implantação.

### **3.3.2 Identificação das operações internas e externas do *setup***

Esta atividade está focalizada na identificação e separação das operações do *setup* que podem ser realizadas com o equipamento em operação, antes da parada para início de nova operação. As técnicas de análise e solução de problemas e de filmagem da operação do *setup* também são ferramentas auxiliares para discriminar o *setup* interno do externo.

### **3.3.3 Converter *setup* interno em externo**

As operações do *setup* interno, separadas das operações do *setup* externo na etapa anterior, devem ser reexaminadas para verificar a possibilidade de serem realizadas enquanto o equipamento estiver em operação. A conversão do *setup* interno em externo é obtida pela análise da função das operações do *setup*, buscando reavaliar os proce-

dimentos convencionais e as novas possibilidades de melhoria. A partir dessa etapa, operações que não contribuem para a melhoria da operação do *setup* devem ser identificadas e eliminadas. As técnicas de análise e solução de problemas e de filmagem da operação do *setup* também podem ser aplicadas nessa etapa. Outra técnica a ser utilizada é o projeto estatístico de experimentos, com o objetivo de determinar o ajuste ótimo dos equipamentos e eliminar o tempo perdido no *setup* em operações de tentativa e erro.

### 3.3.4 Praticar a operação de *setup* e padronizar

A presente etapa tem por objetivo colocar em prática as ações definidas na observação e análise, contabilizando os resultados de melhoria alcançados e repetindo as ações do *setup* até a obtenção do melhor resultado. A obtenção dessa melhoria deve ser documentada, divulgada a todos os participantes do *setup* e colocada em prática nas operações de *setup* posteriores. Sua padronização é importante para a manutenção dos padrões nas futuras operações de *setup*.

O trabalho padronizado é a combinação ótima de operários, máquinas e materiais (Imai, 1990). Para a prática e padronização do *setup*, algumas técnicas foram apontadas na seção 2, como: utilização de dispositivos de fixação rápida; padronização apenas das partes necessárias dos equipamentos e ferramentas; e utilização de elementos auxiliares padronizados para eliminar ajustes durante o *setup* interno.

O resultado alcançado na execução e padronização do *setup* é diretamente proporcional ao esforço despendido nas ações de planejamento, observação e análise dos estágios estratégico, preparatório e operacional. O tempo e esforços gastos nesses três estágios devem ser suficientes para que as metas estabelecidas sejam plenamente alcançadas.

### 3.3.5 Eliminar ajustes

Os ajustes consomem de 50% a 70% do tempo de *setup* interno (Mondem, 1983). O ajuste é uma operação desnecessária; sua eliminação pode

reduzir o período de *run-up*, possibilitando um processo estável logo após a operação de *setup*. Durante o *run-up*, o processo sofre uma série de pequenos ajustes até sua estabilização. A produção costuma ocorrer abaixo da capacidade efetiva do processo e com maior chance de geração de itens não-conformes. Também nessa etapa, o projeto estatístico de experimentos pode ser uma ferramenta auxiliar importante na determinação rápida dos melhores ajustes para o processo.

### 3.3.6 Eliminar o *setup*

A eliminação do *setup*, ideal em contexto de manufatura *just in time*, geralmente não é viável na prática. Tal eliminação tem maior possibilidade de ocorrer na fase de projeto do produto, buscando a intercambiabilidade de peças; outra solução seria a automatização do *setup*, em casos em que o custo de implantação não seja proibitivo. A eliminação total do *setup* pode não ser viável, mas a aplicação dos passos da metodologia, utilizando as estratégias e técnicas mais adequadas para cada *setup*, pode resultar em reduções nos tempos de *setup*.

## 3.4 Estágio de consolidação

### 3.4.1 Consolidação da TRF em todos os processos da empresa

No projeto de implantação, os esforços de redução dos tempos de *setup* devem estar alinhados às ações realizadas em todos os processos de manufatura da empresa. O alinhamento dos esforços evita desperdício de tempo e capital em ações que não tenham como resultado a melhoria dos tempos de *setup* e, conseqüentemente, a melhoria global do processo.

Os esforços de melhoria não devem ser direcionados a processos que receberão investimentos em novas tecnologias ou equipamentos, ou processos que venham a ser eliminados. Essa estratégia está diretamente relacionada à definição de metas e de uma estratégia de implantação. Novos processos, associados a novos produtos ou resultantes de mudanças tecnológicas, devem estar inseridos nos conceitos adquiridos com a implantação da metodologia de TRF.



Os indicadores de resultados em uma metodologia de implantação de TRF podem ser comprovados pela medição do tempo de *setup* antes e depois da implantação ou pelo cálculo do lote econômico de fabricação. O tempo de *setup* é um ótimo indicador para a aplicação de uma metodologia de TRF, pois é de fácil verificação durante toda a evolução da implantação. A construção padronizada de dispositivos, ferramentas e equipamentos é outro elemento para sua consolidação. A padronização deve ocorrer somente nas partes (dispositivos, ferramentas e equipamentos) cujas funções são necessárias à troca de ferramentas. O objetivo da padronização é minimizar a troca de partes no *setup*.

Na evolução do projeto de TRF, um dos objetivos é alcançar um processo estável. A estabilidade é obtida pela repetição padronizada do *setup* e dos tempos de produção. A garantia da repetição dos tempos de produção depende da capacidade do equipamento em manter estáveis as condições de cada ciclo de produção. A conservação e a calibração do equipamento são fundamentais para a estabilidade do processo. A realização de inspeções programadas de manutenção ou de intervenção do operador em pontos-chave do equipamento, resultados de um plano de manutenção preventiva, preditiva ou de um programa de manutenção produtiva total (Nakajima, 1988), é uma maneira de garantir a estabilidade do processo.

## 4. Estudo de caso

O estudo de caso aqui reportado foi realizado no segundo semestre de 2001, em uma empresa do ramo moveleiro, especializada na fabricação de móveis cujas peças são manufaturadas a partir de chapas de aglomerado. Os produtos fabricados pela empresa estão divididos em 9 famílias, em ordem decrescente de representatividade sobre a receita; são elas: roupeiro, infantil, cômoda/escrivadinha, modulado, cama, mão-de-obra, espelho, estante e cozinha. Os produtos da família *roupeiros* representam o maior percentual do faturamento da empresa, somando 65%. A família

*roupeiros* é composta de móveis que são diferenciados por número e largura das portas, assim como por profundidade e altura do roupeiro.

A linha de produção da empresa, cuja característica é trabalhar com chapas de aglomerado, é composta por seis processos: 1. corte de chapas; 2. usinagem/colagem de bordas; 3. furação; 4. pintura; 5. usinagem/colagem de borda de peças manuais; e 6. embalagem. Aproximadamente 93% das peças fabricadas na empresa passam por esses processos.

Quanto ao volume de produção, nos dez primeiros meses de 2001 foi produzida média mensal de 48.849 móveis. Para a efetivação dessa produção, foram cortadas em média 40.816 chapas de aglomerado por mês.

Na Tabela 1 estão listados os setores incluídos na análise, o número de máquinas em operação por setor e o percentual médio do tempo de *setup* das máquinas relativamente a seu tempo total em operação, avaliado no período de junho a outubro de 2001. Nos setores e equipamentos da Tabela 1 são fabricados 92% das peças que compõem os produtos da empresa.

A aplicação prática da metodologia na empresa seguiu os estágios delineados no Quadro 1. Alguns dos passos propostos foram aplicados e comprovados; outros foram definidos e planejados com resultados de médio e longo prazos, os quais não se efetivaram até o momento da conclusão deste trabalho.

### 4.1 Estágio estratégico

#### 4.1.1 Convencimento da alta gerência

Para aplicação da metodologia de TRF, foram envolvidos os setores de engenharia, manutenção e PCP, assim como os coordenadores e operadores de máquinas que estão ligados à gerência industrial da empresa. O convencimento da alta gerência se deu por intermédio do gerente industrial, que possuía bom conhecimento sobre as estratégias e técnicas para a implantação da metodologia, bem como noção dos resultados que poderiam ser alcançados.

### Quadro 1 – Estágios e etapas para implantação da metodologia de TRF.

<b>Estratégico</b>	Definição de metas
	Escolha da equipe de implantação
	Treinamento da equipe de implantação
	Definição da estratégia de implantação
<b>Preparatório</b>	Definição do produto a ser inicialmente abordado
	Definição do processo a ser inicialmente abordado
	Definição da operação a ser inicialmente abordada
<b>Operacional</b>	Análise da operação a ser inicialmente abordada
	Identificação das operações internas e externas do <i>setup</i>
	Conversão do <i>setup</i> interno em externo
	Prática da operação de <i>setup</i> e padronização
	Eliminar ajustes
	Eliminar o <i>setup</i>
<b>Comprovação</b>	Consolidação da TRF em todos os processos da empresa

**Tabela 1 – Setores, número de máquinas e seu tempo porcentual médio de *setup* relativamente a seu tempo total em operação.**

Setor	Máquinas	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Média
Corte	3	8,80%	7,80%	6,40%	5,30%	4,50%	6,56%
Cola	4	2,00%	2,50%	2,50%	2,80%	3,20%	2,60%
Furadeiras	6	37,90%	30,50%	28,00%	29,50%	28,00%	30,78%
Pintura	2	5,00%	4,50%	4,90%	3,70%	2,60%	4,14%

#### 4.1.2 Definição de metas

Para a definição de metas, são consideradas metas para curto prazo (até 90 dias), médio prazo (até 360 dias) e longo prazo (a partir de 360 dias). São definidas como metas de curto prazo a escolha de uma equipe de implantação e seu treinamento, a elaboração do cronograma de implantação da metodologia de TRF e sua aplicação no processo inicial. Como metas de médio prazo, têm-se treinamento e formação dos times de implantação e redução do tempo médio de *setup* das máquinas críticas. Analisando o fluxo da produção e a utilização da capacidade de cada máquina, em

conjunção com as informações na Tabela 1, foram selecionadas as furadeiras para aplicação piloto da metodologia de TRF. Estabeleceu-se meta de redução no tempo médio de *setup* das furadeiras de 30,8% para 15%; a aplicação da metodologia de TRF contemplaria todas as furadeiras do setor. Finalmente, como meta de longo prazo, definiu-se a aplicação da metodologia em outros setores da empresa.

#### 4.1.3 Escolha da equipe de implantação

Para a escolha da equipe de implantação foram considerados alguns aspectos, como: 1. a equipe

deveria conter pelo menos um participante para atuar em cada setor listado na Tabela 1; 2. a equipe deveria contar com dois participantes do setor de furadeiras; 3. cada participante deveria estar pelo menos cursando nível superior; e 4. a equipe deveria contar com a participação de todos os coordenadores da fábrica.

A equipe de implantação foi composta de sete participantes: três coordenadores de fábrica, um coordenador da manutenção, um coordenador do PCP, um coordenador da engenharia e um coordenador do projeto de implantação da TRF.

#### 4.1.4 Treinamento da equipe de implantação

O treinamento da equipe de implantação foi realizado pelo coordenador do projeto, dispensando a utilização de consultoria externa. A parte teórica do treinamento da primeira etapa, voltada à compreensão das estratégias

e técnicas para a implantação da TRF, foi realizada no período de 20 horas, durante duas semanas. O objetivo principal desse treinamento foi capacitar os participantes para atuarem no primeiro processo a ser abordado na metodologia de TRF, para então capacitá-los a serem os multiplicadores nos times de implantação, numa segunda etapa de treinamento.

#### 4.1.5 Estratégia de implantação

A estratégia de implantação está definida no cronograma de implantação, apresentado no Quadro 2. Os passos de implantação da metodologia de TRF seguem as diretrizes apresentadas na seção 3, com destaque às etapas de treinamento da equipe de implantação e à aplicação prática do processo piloto. A obtenção de resultados até a fase da implantação formará ambiente favorável à implantação dos passos seguintes.

**Quadro 2 – Cronograma de implantação da metodologia de TRF.**

Atividade	Prazos		Respons.	Pontos importantes
	Início	Fim		
Preparar material didático para treinamento	jun/01	ago/01	Ger. ind.	Preparar material com exemplos de aplicação
Definir a equipe de implantação	3/9/01	6/9/01	Ger. ind.	Número deve garantir ao menos um multiplicador por setor da empresa
Treinamento da equipe de implantação	10/9/01	28/9/01	Ger. ind.	Enfatizar exemplos de aplicação
Definição do produto, processo e operação iniciais	1/10/01	19/10/01	Ger. ind.	Promover participação da equipe de implantação durante definição
Aplicação prática do processo piloto	1/11/01	15/1/02	Equipe	Verificar número representativo de medições (tamanho da amostra)
Filmagem e documentação do processo piloto	1/11/01	15/1/01	Equipe	Documentar e filmar para utilização em treinamento posterior
Definir os times de implantação	15/1/02	28/3/01	Equipe	Verificar processos a serem trabalhados e qualificação dos participantes dos times
Treinamento dos times de implantação	15/3/01	–	Equipe	Utilizar a filmagem do processo piloto
Aplicação da TRF em todos os setores da empresa	1/4/02	–	Equipe	Medir resultados alcançados; utilizar em treinamentos futuros

## 4.2 Estágio preparatório

### 4.2.1 Definição do produto a ser inicialmente abordado

O produto a ser inicialmente abordado na implantação da metodologia de TRF corresponde a produtos que pertençam à categoria A da curva ABC dos produtos da empresa. A partir da classificação ABC de produtos, determinou-se que aproximadamente 8,7% dos produtos comercializados pela empresa eram responsáveis por 58% de seu faturamento. O produto inicial a ser abordado corresponde à linha de roupeiros, responsável por 30,17% do faturamento da empresa no primeiro semestre de 2001.

### 4.2.2 Definição do processo a ser inicialmente abordado

Para a definição do processo a ser inicialmente abordado, enfatizam-se processos-gargalo, em que os ganhos com a redução de tempos de *setup* são maximizados. Os produtos a serem inicialmente abordados (roupeiros) são compostos de peças padronizadas: laterais direita e esquerda, divisões, bases, portas, frentes de gaveta, laterais de gaveta, fundos de gaveta, costas, travessas e montantes. O processo de fabricação dessas peças inclui as operações de corte, colagem das bordas, furação, pintura e embalagem. Também para a linha de roupeiros, verifica-se que o processo nas furadeiras é aquele em que o tempo de *setup* é mais significativo.

A empresa possui 8 furadeiras múltiplas trabalhando 24 horas e, com exceção das costas e fundos de gavetas, todas as peças passam por esse processo. Com base nessas informações, a furação foi selecionada como o processo a ser abordado.

### 4.2.3 Definição da operação a ser inicialmente abordada

No processo das furadeiras, as operações de furação com tempo de *setup* significativo são as operações nas laterais, divisões, bases e portas. Dessas, a operação que envolve as divisões apresenta tempo de *setup* mais elevado, sendo inicialmente abordada na metodologia. O número de medições do tempo de *setup* da operação nas divisões foi calculado de forma a garantir um resultado com desvio máximo tolerado de até 5% do valor real, com 97% de confiança; os resultados são apresentados no Quadro 3.

## 4.3 Estágio operacional

### 4.3.1 Análise da operação a ser inicialmente abordada

A operação de furação da divisão dos roupeiros é realizada em furadeiras de múltiplos cabeçotes (ver Figura 2A), que indica os principais grupos a serem ajustados em operação de *setup*; a numeração na figura corresponde aos seguintes grupos: (1) encosto lateral fixo, (2) cabeçotes múltiplos inferiores, (3) cabeçotes múltiplos laterais, (4) cabeçotes múltiplos superiores, (5) controlador lógico programável (CLP) e (6) encosto fixo (batuta). O ponto de encontro do encosto lateral fixo com o encosto fixo (batuta) é o ponto no qual se utiliza a referência de zeramento do equipamento. A partir dele, os cabeçotes múltiplos horizontais e verticais são posicionados conforme a localização dos furos da peça a ser trabalhada.

O encosto fixo (batuta) é posicionado automaticamente, conforme valor digitado no CLP do painel de controle. O encosto lateral fixo não possui regulagem de posicionamento.

**Quadro 3 – Tempo de *setup* em furadeiras das peças da linha roupeiros.**

	Medição (min)					Média	Desvio
Divisões	41	37	38	38	42	39,8	2,7
	44	37	38	44	39		

Todos os cabeçotes múltiplos, tanto superiores quanto inferiores, possuem como ponto zero (em relação ao eixo  $x$ ) o encosto lateral fixo. Cada cabeçote múltiplo possui um indicador mecânico que informa a posição em milímetros em relação ao encosto lateral fixo (item 4 na Figura 2B). Os cabeçotes múltiplos superiores e inferiores são compostos de dois conjuntos de furação, com capacidade de onze brocas cada (item 2 na Figura 2B).

Esses conjuntos podem ser posicionados em  $0^\circ$  ou  $90^\circ$ . Os conjuntos giratórios de onze brocas possuem numeração em cada eixo de broca, assim como indicação do sentido de rotação (esquerda ou direita). As brocas são colocadas com dispositivo de fixação rápida, possibilitando a padronização de altura da broca em relação à superfície de encaixe no conjunto de onze brocas.

A montagem das brocas nos dispositivos de fixação rápida, conforme indicado na Figura 3, deve ser realizada observando a possibilidade de que o furo seja passante ou não, verificando então, a profundidade do furo. A verificação dessas regulagens antes da operação de *setup* pode evitar a perda de tempo em ajustes e refugo da primeira peça furada.

O número de brocas necessário à operação de furação da divisão dos roupeiros, assim como diâmetro, altura, posição dessas brocas e posição dos cabeçotes de furação do equipamento, são

determinados na interpretação do desenho de furação da peça.

A identificação da peça a ser furada é realizada pela leitura do código da peça que se encontra na ordem de produção que acompanha a pilha de peças. A ordem de produção possui, também, informações da quantidade a ser produzida, número do lote de fabricação, data de emissão e roteiro de fabricação. Cada furadeira múltipla possui um arquivo de desenhos, ordenados pelo código da peça, os quais contêm informações para a execução do *setup* do equipamento. O início da operação de *setup* ocorre com a separação e a identificação da peça a ser furada.

Na etapa de análise da operação a ser inicialmente abordada, todas as suas atividades devem ser relacionadas por meio de uma lista de verificação. O Quadro 4 apresenta parte da lista de verificação da operação de furação. Por meio dessa lista, foram analisadas e separadas as atividades de cada operador no *setup*. Constatou-se que o operador 2 tem pouca participação na operação de *setup*, ficando ocioso ou procurando por ferramentas e gabaritos em 65% do tempo de *setup*. Pode-se observar, ainda, que o equipamento fica parado em 94,7% do tempo de *setup* e que 31,7% correspondem a ajustes, os quais, além de elevar o tempo de *setup*, ocasionam refugo das duas primeiras peças furadas durante o procedimento.

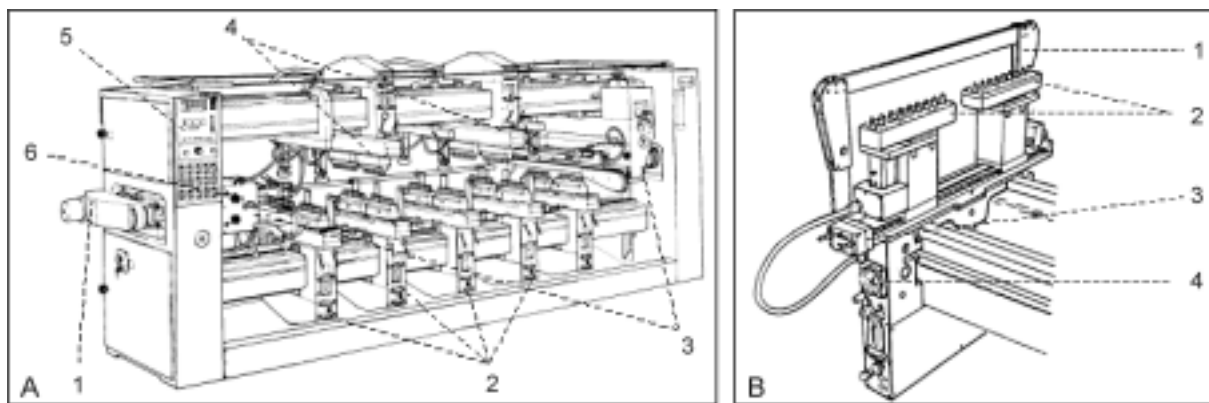
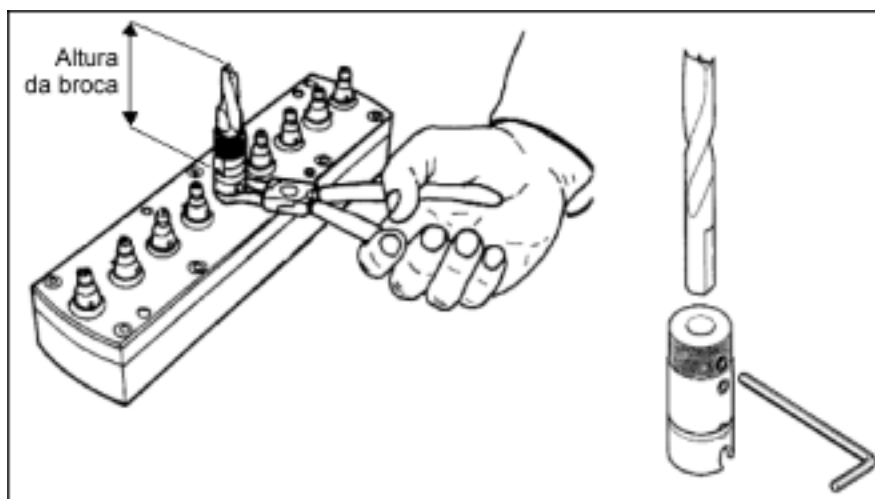


Figura 2 – À esquerda, furadeira múltipla e seus principais grupos utilizados em operações de *setup*; à direita, composição do cabeçote inferior de uma furadeira múltipla.



**Figura 3 – Regulagem de altura e fixação de brocas em furadeira múltipla.**

#### 4.3.2 Identificação das operações internas e externas do *setup*

Na seqüência, separaram-se operações relativas ao *setup* interno e externo, somando-se o tempo gasto em cada uma delas. Dez operações são de *setup* interno, totalizando 32'56"; duas operações são de *setup* externo, totalizando 01'51". No total, a operação de *setup* consumia 34'47" (32'56" + 01'51"). Durante esse tempo, a máquina encontrava-se não-produtiva, já que não se diferenciavam tempos internos e externos de *setup* antes da aplicação da metodologia na empresa.

#### 4.3.3 Converter *setup* interno em externo

Conforme exposto anteriormente, o tempo de *setup* interno é muito superior ao de *setup* externo. A operação de *setup*, para a qual se elaborou a lista de verificação, foi filmada. A verificação e a análise dessa filmagem ajudaram na determinação das operações a serem transformadas em *setup* externo ou eliminadas.

As operações de posicionamento de cabeçotes ocupam 24% do tempo de *setup*. Elas são resultado da interpretação das cotas de furação da peça. A consulta ao desenho demanda 14,5% do tempo de *setup*, enquanto a soma das ope-

rações de consulta e de posicionamento demanda 38,3%. Essas operações são lentas e sujeitas a erro, pois é necessário que o operador interprete o desenho, visualize o posicionamento dos cabeçotes de furação e a colocação de cada broca nesses cabeçotes. Além dessas operações, as de procurar brocas e gabaritos, mesmo que realizadas em paralelo pelo segundo operador, são operações que, somadas ao tempo ocioso do operador, desperdiçam muito tempo, impossibilitando a participação mais efetiva do segundo operador na operação de *setup*.

Para a obtenção de melhorias, após análise da fita de vídeo da operação de *setup*, a equipe de implantação utilizou técnicas de análise e solução de problemas, buscando transformar o maior número possível de operações de *setup* interno em externo, chegando às seguintes soluções: 1. elaboração de um mapa de regulagem, com todas as informações necessárias à realização da operação de *setup* (ou seja, número e código das brocas, posição em mm do cabeçote móvel e da batuta, código numérico dos gabaritos de conferência, posição em mm dos eixos *x* e *y* de todos os cabeçotes utilizados na furação da peça, posição e número dos agregados utilizados na furação da peça e posição de todas as mesas de suporte da furação); 2. identificação de todas as

brocas e agregados (cabeçotes com geometria diferente do padrão do equipamento, aplicados em caso de furação fora dos padrões originais do equipamento) necessários à operação de *setup*; 3. preparação e organização do material necessário à operação de *setup* realizada por um terceiro operador, o qual prepara todas as brocas, agregados e gabaritos antes do término da operação anterior; e 4. treinamento para participação mais efetiva do segundo operador durante a operação de *setup*.

#### 4.3.4 Eliminar ajustes

Segundo Mondem (1983), os ajustes consomem aproximadamente 50% a 70% do tempo de *setup* interno. No caso da operação de furação, as operações em que ocorreram ajustes – ajuste dos cabeçotes de furação (11'02'') e conferência das peças (04'36'') – somaram 14'38'', valor que corresponde a 44,4% do tempo de *setup* interno. Esse número está próximo do definido por Mondem (1983).

Para eliminar o tempo do *setup* interno no qual ocorrem ajustes, a equipe de implantação, analisando a filmagem e utilizando técnicas de solução de problema definiu como soluções: 1. padronizar a altura das brocas; 2. padronizar a altura do final do avanço dos cabeçotes de furação (profundidade do furo determinada pela altura da broca, considerando que todos os cabeçotes finalizam o avanço na mesma altura); 3. manutenção e calibragem dos indicadores de posição dos cabeçotes de furação; e 4. o conjunto de ações de leitura do mapa de regulagem, pa-

dronização das brocas, manutenção e calibragem dos cabeçotes deveria resultar em apenas uma conferência da peça antes do início da produção da segunda peça boa (no caso em estudo, ocorreram três conferências da peça).

#### 4.3.5 Praticar a operação de *setup* e padronizar

As técnicas para prática e padronização do *setup*, segundo Shingo (1996, 2000), Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998), as quais a equipe de implantação utilizou para a definição das ações de melhoria da operação de *setup*, estão ilustradas na Tabela 2. Todas as ações definidas até então foram colocadas em prática, ocorrendo também treinamento para os operadores que participaram da operação de *setup*.

A prática foi executada com a realização de uma nova operação de *setup*, em que foram aplicadas todas as melhorias apontadas pela equipe de implantação. Essa nova operação de *setup* também foi filmada e documentada em uma nova lista de verificação.

Nessa nova operação, a preparação do *kit* de ferramentas e materiais necessários ao *setup* ocorre em paralelo, com a participação de um terceiro operador. A partir da preparação do *kit*, inicia a operação de *setup* com o equipamento parado. Outro ponto relevante na nova operação de *setup* foi a utilização de duas cópias do mapa de regulagem, uma para cada operador. Em uma das cópias havia o desenho da peça na outra face, para a operação de conferência da peça.

**Quadro 4 – Visão parcial da lista de verificação da operação de *setup* em estudo.**

Lista de verificação da operação de <i>setup</i>						
N <sup>o</sup>	Operação	Tempo		Operadores	Observação	Equipe
		Início	Fim			
1	Erguer sistema de limpeza da peça	00:00	00:36	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
2	Alimentar pilha de peças	00:36	01:08	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
3	Posicionar cabeçote	01:08	01:28	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Essa ação proporcionou a um operador executar a colocação das brocas e agregados, enquanto o outro executava em paralelo o posicionamento dos cabeçotes.

O tempo da nova operação de *setup* foi de 06'17'', isto é, uma redução de 28'20'' em relação à antiga operação de *setup*. Quanto aos operadores, na operação original de *setup* ocorria ociosidade do segundo operador de 10'42'' (30,8% do total); na nova operação, a ociosidade do operador reduziu para 11'' (2,9% do total). As reduções mais significativas ocorreram nas operações de: 1. posicionamento de cabeçotes e colocação de brocas; 2. consulta ao desenho e conferência da peça; e 3. operações de ajuste de cabeçote de furação. As ações voltadas à melhoria, definidas pela equipe de implantação, que causaram mais impacto na redução do tempo na segunda operação de *setup* foram: 1. participação de um terceiro operador na preparação do *kit* de ferramentas utilizadas no *setup*; 2. elaboração do mapa de regulagem; 3. treinamento dos operadores e adoção de operações paralelas; 4. padronização e identificação das brocas, agregados e gabaritos de furação; e 5. padronização da altura de fim de curso dos cabeçotes de furação. A melhoria alcançada foi significativa. Os resultados da

redução do tempo de *setup* (de 34'47'' para 6'17'') enquadram-se na TRF em tempos inferiores a 10 minutos, proposta por Shingo (1996, 2000).

#### 4.3.6 Eliminar o *setup*

A eliminação da operação de *setup* da divisão dos roupeiros não é possível, mas a aplicação dos passos da metodologia proposta para a redução de seu tempo, utilizando as estratégias e técnicas que, segundo a equipe de implantação, foram as mais adequadas para o caso em estudo, resultou em redução do tempo de *setup*. Algumas ações voltadas à eliminação ou simplificação do *setup*, a partir dessa aplicação prática, acontecerão na fase de projeto do roupeiro, visando à padronização do maior número possível de furos e à obtenção de maior intercambiabilidade entre peças.

### 4.4 Estágio de consolidação

#### 4.4.1 Consolidação da TRF em todos os processos da empresa

A partir dessa aplicação prática, utilizando a filmagem das situações inicial e final da operação de *setup* e obedecendo as datas do cronograma de implantação, planejou-se a realização da consolidação da metodologia de TRF na empresa.

**Tabela 2 – Técnicas para redução de *setup* segundo literatura e equipe de implantação.**

Técnicas na literatura	Soluções apontadas pela equipe de implantação
Adoção de operações paralelas	Participação mais efetiva do segundo operador e preparação de materiais e ferramentas, executada por um terceiro operador, durante a operação anterior ao <i>setup</i>
Utilização de <i>kits</i> de ferramentas necessárias ao <i>setup</i> , agrupadas conforme necessário e localizadas próximo ao ponto de uso	Preparação externa do conjunto de brocas, agregados, mapa de regulagem e gabarito de furação utilizados no <i>setup</i>
Estudo do equipamento ou ferramenta, na fase de projeto, voltado à aplicação da TRF	Otimização das profundidades dos furos, objetivando diminuir o número necessário de padrões de brocas
Dispositivos de fixação rápida	Utilização de bases de brocas padronizadas, de fixação rápida
Padronização apenas das partes necessárias dos equipamentos e ferramentas	Padronização da altura do fim de curso dos cabeçotes de furação



A primeira ação, conforme cronograma no Quadro 2, é a definição dos times de implantação, observando a participação dos membros da equipe de implantação, que atuam como multiplicadores.

A segunda ação – o treinamento dos times de implantação – utilizará a filmagem das situações inicial e final da operação de *setup*, com ênfase no resultado alcançado no processo piloto.

A terceira ação – aplicação da metodologia em todos os setores da empresa – obedecerá uma seqüência de implantação, fundamentada no percentual de parada para *setup* de cada equipamento: 1. todas as outras sete furadeiras, iniciando pela furadeira 13 (maior tempo de parada para *setup*); 2. setor de corte; 3. setor de pintura; e 4. setor de coladeiras. Pode-se verificar também a influência da redução no tempo de *setup* na operação de furação da divisão dos roupeiros sobre o lote econômico de fabricação (EOQ – *economic order quantity*), aplicando-se a equação:

$$EOQ = \sqrt{2 \times D \times A / C \times i} \quad (1)$$

A Tabela 3 traz uma comparação das variáveis na equação do EOQ, antes e depois da aplicação prática da metodologia de TRF e o resultado final, considerando o período de

um mês. Conforme Tabela 3, o tamanho do EOQ antes da aplicação da metodologia era 138% maior do que aquele obtido após a aplicação da metodologia, considerando período de 30 dias e sabendo que a metodologia foi aplicada em apenas uma das quatro operações pelas quais passa a divisão do roupeiro. Com a redução no tamanho do lote de fabricação, a empresa terá vantagens com a maior flexibilidade na fábrica, podendo atender a pedidos de tamanho reduzido sem perdas financeiras decorrentes do *setup*, bem como redução nos estoques de produtos em processamento e de produtos acabados.

Cabe ressaltar que o padrão de demanda do produto em estudo não é constante no tempo; ainda, a taxa de reposição do produto na etapa seguinte do processo não ocorre de forma instantânea. Assim, as suposições básicas do modelo EOQ não foram satisfeitas na aplicação aqui reportada, e a utilização da equação (1) gera resultados que demandam ajuste, de forma a refletir o padrão real de demanda e reposição do produto ao longo do mês. Tais ajustes não foram realizados, já que, no contexto dessa aplicação, o EOQ é utilizado somente para ilustrar a eficiência da implantação da metodologia de TRF.

**Tabela 3 – Tamanho do EOQ antes e depois da aplicação da metodologia de TRF.**

Antes da aplicação da TRF			Depois da aplicação da TRF		
<i>C</i>	Custo unitário do item	R\$ 4,5	<i>C</i>	Custo unitário do item	R\$ 4,5
<i>D</i>	Demanda do item/mês	5.600 un.	<i>D</i>	Demanda do item/mês	5.600 un.
<i>A</i>	Custo unit. de preparação: Lote médio de fab. – 180 un. Tempo de <i>setup</i> – 34'47'' Produção máq. – 16 pç./min. Produção em 34'47'' – 557 un. Custo unit. de prod. – R\$ 0,419 Valor da prod. 557 un. – R\$ 233 Custo unit. prep. – 233/180	R\$ 1,30	<i>A</i>	Custo unit. de preparação: Lote médio de fab. – 180 un. Tempo de <i>setup</i> – 06'17'' Produção máq. – 16 pç./min. Produção em 06'17'' – 100 un. Custo unit. de prod. – R\$ 0,419 Valor da prod. 100 un. – R\$ 41,9 Custo unit. prep. – 41,9/180	R\$ 0,23
<i>i</i>	Taxa de encargos financeiros sobre o estoque	2,4% ao mês	<i>i</i>	Taxa de encargos financeiros sobre o estoque	2,4% ao mês
<i>EOQ</i>		367 pç.	<i>EOQ</i>		154 pç.

Considerando-se que o número médio de operações de *setups* da divisão dos roupeiros é de 19 por mês, na situação inicial haveria tempo de *setup* de 660'53"; após a aplicação da metodologia, esse tempo foi reduzido para 119'23". A redução de 541'30" proporciona produção de 8.664 unidades adicionais. Considerando, para fins ilustrativos, o custo unitário de produção de R\$ 0,419 como igual à margem unitária do produto, a redução no tempo de *setup*, analisando a operação de furação individualmente, representaria vantagem econômica de R\$ 3.630,21 por mês para a empresa. Evidentemente, tal vantagem econômica estaria ligada à existência de demanda para as 8.664 unidades adicionais produzidas.

## 5. Conclusão

Neste artigo, propõe-se uma metodologia para troca rápida de ferramentas. Nela há clara distinção entre etapas de planejamento, preparação

e implantação. Tal metodologia pode ser aplicada de maneira genérica, em diferentes setores industriais.

A proposta procura enfatizar a criação de um ambiente favorável à implantação e formação de times de implantação. A metodologia proposta é aplicada na análise do *setup* de uma operação em uma indústria de móveis. Como resultados principais, destacam-se a redução no tempo de *setup* da operação estudada de 83% e conseqüente redução no tamanho do lote de fabricação do produto analisado.

## 6. Agradecimentos

Aos *referees* por seu cuidadoso trabalho de revisão e pelas sugestões de modificação, as quais contribuíram de forma significativa para a melhoria da qualidade final do artigo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio ao prof. Fogliatto por intermédio do projeto 540710/01-6 (FIX).

## Referências Bibliográficas

- BLACK, J. T. *O projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- ELSAYED, E. A. & BOUCHER, T. O. Analysis and control of production systems. 2. ed. New Jersey: Prentice hall, 1994.
- GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. *Revista Tecnológica*, v. 63, p. 36-42, 2001.
- GHINATO, P. *Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just in time*. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.
- GILMORE, M.; SMITH, D. J. Setup reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. *Int. J. Operations & Production Management*, v. 16, n. 3, p. 4-17, 1996.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. *The goal: a process of ongoing improvement*. 2. ed. New York: North River Press, 1992.
- HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. *Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- IMAI, M. *Kaizen, a estratégia para o sucesso competitivo*. São Paulo: IMAM, 1990.
- KANNENGERG, G. *Proposta de sistemática para implantação de troca rápida de ferramentas*. 1994. Dissertação (Mestrado) – PPGEP/UFRGS, Porto Alegre.
- McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology. *Int. J. Production Research*, v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.
- MONDEM, Y. *O sistema Toyota de produção*. São Paulo: IMAM, 1983.
- MOXHAM, C.; GREATBANKS, R. Prerequisites for the implementation of the SMED methodology. *Int. J. Quality & Reliability Man.*, v. 18, n. 4, p. 404-414, 2000.

NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM – total productive maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

SHINGO, S. *Sistema de troca rápida de ferramenta*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SHINGO, S. *Sistemas de produção com estoque zero*. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N. *Vantagem competitiva em manufatura*. São Paulo: Atlas, 1993.

## RAPID EXCHANGE OF TOOLS: METHOD STEPS AND CASE STUDY

### ***Abstract***

---

*Single-minute exchange of die (SMED) and alternative methodologies aim at reducing the time needed for equipment setup, minimizing non-productive periods in the shop floor. That in turns enables production of increasingly smaller lot sizes. SMED is based on a number of improvement techniques that emphasize cooperative teamwork and the proposal of creative ways to improve existing processes. This paper presents a methodology for rapid exchange of die, comprised of the following steps: project definition, planning of activities, personnel training in SMED, implementation per se and follow-up and consolidation. A case study from the furniture industry illustrates the methodology steps.*

***Key words: rapid exchange of tools, SMED methodology, machine set up time.***