

## REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* NA PRODUÇÃO DE BOTAS DE PVC ATRAVÉS DA TÉCNICA TRF

### SETUP TIME REDUCTION IN PVC BOOTS PRODUCTION THROUGH SMED TECHNIQUE

Amanda Herculano da Costa\* E-mail: [amandacostajp@hotmail.com](mailto:amandacostajp@hotmail.com)

Jeanne de Fátima Gomes de Lima\* E-mail: [jeanegl@yahoo.com.br](mailto:jeanegl@yahoo.com.br)

Maria de Lurdes Barreto Gomes\* E-mail: [marilu@ct.ufpb.br](mailto:marilu@ct.ufpb.br)

\*Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB

**Resumo:** A competitividade imposta pelo mercado exige das organizações melhoria contínua de seus processos, produtos e serviços oferecidos, com menores custos de produção. Este artigo aborda este tema ao descrever as melhorias advindas com a implementação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF), no processo de troca de molde da máquina injetora de PVC na fabricação de botas. O estudo de caso foi realizado numa empresa do ramo de calçados de grande porte, localizada no estado da Paraíba. No intuito de encontrar a melhor alternativa para o problema de setup elevado, foram utilizadas a TRF e a metodologia de resolução de problemas, sendo então implementada a solução que gerou maior produtividade para a empresa. Dentre as melhorias obtidas, merecem destaque a redução do tempo de máquina parada de 11,56 para 5 minutos, a redução do tempo de ajustes dos moldes com a implantação de guias de centragem e calços para padronizar as alturas dos moldes.

**Palavras-chave:** TRF. Indústria Calçadista. Melhorias de processo. *Setup*. Botas de PVC.

**Abstract:** The competition imposed by the market requires of the organizations the continuous improvement of its processes, products and offered services, with lower production costs. This article addresses this issue describing the resulting improvements from the implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) in the process of exchange the mold of the injection machine of PVC during the boots manufacturing. The case study was conducted in a large company of footwear, located in the state of Paraíba. In order to find the best alternative to the problem of the setup of the molds, were used the SMED and the methodology for problem resolution, and then was implemented the solution that generated greater productivity for the company. Among the improvements made, we should emphasize the reduction of inactive time of 11.56 minutes to 5 minutes, reducing the time needed for the adjustments of the molds with the implementation of guides for centering and shims to standardize the heights of the molds.

**Keywords:** SMED. Footwear Industry. Process improvements. *Setup*. PVC boots.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as organizações são impactadas diretamente pela acirrada competição mercadológica. A fim de manterem e alcançarem maiores vantagens competitivas, as empresas buscam implementar sistemas que visam reduzir custos e propiciar maior satisfação das necessidades de seus clientes.

O setor manufatureiro de calçados tem sofrido os efeitos da globalização do mercado e, para garantir sua competição, necessita adotar novas metodologias de redução dos custos de fabricação de seus produtos e melhoria contínua dos processos, produtos e serviços.

Segundo Deming (2000), para alcançarem os objetivos empresariais e assim permanecerem no mercado, as organizações devem possuir processos produtivos estabilizados, ou seja, produzir os componentes certos, nas quantidades certas e entregar os produtos no tempo acordado aos clientes, dentro dos padrões de qualidade exigidos.

Esse cenário insere nas empresas a necessidade de possuírem maior flexibilidade e capacidade de adaptação em seus processos produtivos. Isso envolve a busca pelo tempo mínimo na realização de suas operações, desde a fase de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, início da produção e colocação do produto no mercado à capacidade de redução do tempo de resposta às demandas externas e prazos (LEFCOVICH, 2008).

Diferente de sistemas antigos voltados à manufatura em massa, caracterizadas por poucos produtos, fabricados em grandes lotes e com elevado volume de produção, as empresas contemporâneas necessitam cada vez mais diversificar seu mix de produtos, reduzindo os custos e desperdícios, aumentando a produtividade, a qualidade e a velocidade de entrega ao cliente.

A implementação de sistemas de troca rápida de ferramentas contribui para melhorias significativas em termos de eficiência, respostas rápidas e flexibilidade na produção (ARBÓS, 2002; HICKS, 2007; SAURIN; FERREIRA, 2009). Embora possuam processos fortemente manufatureiros, as empresas calçadistas precisam melhorar sua produtividade e eficiência. Portanto, atividades que não agregam valor ao produto devem ser eliminadas e, quando não possível, reduzidas continuamente.

Nesse sentido, a presente pesquisa objetiva estudar a utilização da metodologia da TRF dado a possibilidade dessa ferramenta corroborar com a otimização da produção e redução das tarefas improdutivas. A escolha dessa técnica foi devido a sua abordagem analítica para a melhoria da configuração do sistema de produção da maneira mais eficaz possível.

O estudo foi realizado em uma indústria calçadista de grande porte, localizada no estado da Paraíba, a fim de identificar as melhorias advindas com o aprimoramento do tempo de troca e as ferramentas de TRF.

## 2 SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) foi desenvolvida por Singeo Shingo a partir dos anos 50 no Japão. Também conhecido como *Single Minute Exchange or Die* (SMED), a meta principal dessa técnica é realizar a troca de ferramenta em apenas um dígito de minuto, ou seja, até 9:59 minutos (ETI *et al*, 2004). Em outros termos, busca-se identificar e eliminar os desperdícios de tempo.

Os benefícios completos dessa ferramenta somente podem ser atingidos depois da realização de uma análise das operações de *setup* e da identificação dos seus quatro estágios conceituais. A partir da aplicação de técnicas efetivas em cada estágio, é possível reduzir drasticamente os tempos de *setup* e atingir melhorias significativas de produtividade (SHINGO, 2000).

De acordo com Costa Júnior (2008) a troca rápida de ferramentas constitui-se um método que permite reduzir os tempos de mudança de utensílios, de matérias ou de séries pela preparação antecipada da mudança de referência e pela sincronização e simplificação das tarefas. Desse modo, aumenta-se a disponibilidade dos equipamentos para a produção (LEÃO; SANTOS, 2009).

Antes de detalhar os estágios conceituais, é importante diferenciar *setup* interno de *setup* externo. *Setup* interno são as operações que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada. *Setup* externo corresponde às operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento (SLACK *et al*, 2002; SHINGO, 1996).

### 2.1 Estágio conceitual 1: separação entre *setup* interno e externo não diferenciados

No estágio 1, o inicial, as condições de *setup* interno e externo não se distinguem. Dessa forma atividades que poderiam ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento são realizadas com a máquina parada, como é o caso de transportes e separação de ferramentas.

## **2.2 Estágio conceitual 2: *setup* interno e externo diferenciados**

O estágio 2 compreende a separação do *setup* interno e externo. Shingo (2000) destaca algumas técnicas para garantir que as tarefas que podem ser realizadas como *setup* externo sejam, de fato, realizadas quando a máquina estiver trabalhando, as quais são: utilização de uma lista de verificação de todos os componentes e passos necessários em uma operação, verificação das condições de funcionamento das máquinas e melhoria no transporte de matrizes e de outros componentes.

## **2.3 Estágio conceitual 3: conversão de *setup* interno em externo**

O estágio 3 consiste em converter o *setup* interno em externo. Devem ser reexaminadas as operações do *setup* interno para verificar a possibilidade de serem realizadas enquanto a máquina estiver em operação. Tal conversão é obtida pela análise da função das operações do *setup*, reavaliando os procedimentos 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. Para tanto, utilizam-se as técnicas de análise e solução de problemas, filmagem da operação do *setup* e realização 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 (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

Ainda nesse estágio as operações de *setup* devem ser padronizadas para manutenção dos padrões futuros. Alguns exemplos de práticas de padronização apontados por Shingo (2000) são: utilização de dispositivos de fixação rápida, guias de centragem, dimensionamento, extração, aperto e alimentação; padronização apenas das partes necessárias dos equipamentos/ferramentas; e utilização de elementos auxiliares padronizados para eliminar ajustes durante o *setup* interno.

## **2.4 Estágio conceitual 4**

No estágio 4, Shingo (2000) propõe a racionalização de todos os aspectos das operações de *setup*. Nessa etapa devem-se concentrar todos os esforços para

atingir o objetivo da TRF – tempos de *setup* menores que 10 minutos. Nesse intuito é sugerido: implementar operações paralelas, evitando que uma pessoa que realiza trabalho na parte frontal e posterior da máquina desperdice movimentos contínuos ao caminhar ao redor do equipamento; utilizar fixadores funcionais para prender objetos com o mínimo esforço possível; eliminar os ajustes e corridas de teste, os quais normalmente somam 50% do tempo de *setup*.

Portanto, eliminá-los sempre levará a um ganho de tempo que pode ser bastante significativo; mecanizar a operação dos *setup's* racionalizados, isto é, aqueles em que todas as tentativas de melhoria de redução de tempo de *setup* foram esgotadas, utilizando os métodos já descritos nas fases anteriores.

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

O presente estudo trata-se de uma pesquisa exploratória e intervencionista, como o objetivo de estudar a utilização da metodologia da TRF e melhorias advindas de sua implementação. O método escolhido foi o estudo de caso, realizado numa indústria calçadista de grande porte, localizada no estado da Paraíba.

Foram utilizadas a TRF proposta por Shingo (1989), conforme explicada anteriormente, e a metodologia de resolução de problemas. Inicialmente foram levantados os dados e informações acerca da empresa e do processo de fabricação de botas injetadas, identificando atividades e tempo de realização das mesmas. Com base no cenário encontrado, a equipe de trabalho sugeriu alternativas de melhorias, sendo posteriormente implementada aquela considerada mais viável e que geraria maior produtividade para a empresa.

### **4 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TRF**

O trabalho registra as melhorias no tempo de *setup* advindas da implementação de técnicas de TRF na troca de molde da Injetora de PVC da fábrica de Botas. Com um quadro de 2.800 funcionários, onde 57% são do sexo feminino e 43% masculino, com idade média de 29 anos, a empresa trabalha com layout celular, onde os postos de trabalho estão próximos um dos outros, contribuindo para a redução da movimentação de máquinas.

Esta unidade produtiva abriga máquinas tecnologicamente atualizadas, capazes de responder à constante renovação da linha de produtos. Anualmente, são lançados diversos modelos com maior valor agregado que colaboram para o incremento das vendas e o aumento da rentabilidade da empresa.

O ponto de partida para este trabalho foi identificar o antigo processo de *setup* utilizado e compará-lo com o processo atual, a fim de levantar as melhorias decorrentes do aprimoramento do tempo de troca e as ferramentas de TRF aplicadas para tanto.

#### **4.1 Levantamento do tempo de operação**

O processo de troca de molde que era seguido anteriormente foi registrado através de filmagens. A partir da análise desses vídeos, estabeleceram-se as operações envolvidas na troca. Os tempos padrão de cada operação foram disponibilizados pela empresa.

Utilizando a simbologia proposta por Shingo (1996), foi elaborado o fluxograma das operações para se realizar a troca de molde (Figura 1). O processo iniciava-se com o desligamento da injetora para, em seguida, o operador abrir o portão da mesma. Depois buscava o novo molde na área de *pool* – espaço físico localizado há cerca de 10 metros da máquina onde são armazenados os moldes das injetoras, e o transportava até a máquina desligada.

O operador realizava a substituição do molde, fechava o portão de acesso e a máquina era acionada. E, por fim, o molde retirado era armazenado no *pool*. Para melhor entendimento e visualização de quais atividades formam o *setup* interno e o externo no processo estudado, estas foram destacadas em vermelho e azul, respectivamente, como mostra a Figura 1.

No processo anterior, as operações internas, realizadas com a máquina parada, tinham duração de 11,56 minutos, enquanto que as operações externas atingiam 2,31 minutos, totalizando um *setup* de 13,87 minutos, conforme Tabela 1:

OPERAÇÃO	TIPO	TEMPO (min)
Desligar injetora	Interno	0,500
Abrir portão da injetora	Interno	0,300
Retirar molde da estante	Interno	1,450
Transportar molde	Interno	1,110
Desconectar molde	Interno	2,300
Retirar molde da injetora	Interno	1,400
Posicionar novo molde	Interno	3,500
Fechar portão da injetora	Interno	0,500
Ligar injetora	Interno	0,500
Transportar molde para estante	Externo	1,110
Descartar molde na estante	Externo	1,200
<b>TOTAL</b>		<b>13,87</b>

Fonte: Registro dos tempos padrão disponibilizado pela empresa (2009)

## 4.2 Análise do processo anterior

A partir dos tempos padrão das operações de *setup* apresentados na Tabela 1, verificou-se que há pontos que poderiam ser melhorados com a implementação das técnicas de troca rápida de ferramentas, tendo em vista que o tempo de 13,87 é considerado alto para uma operação de *setup*.

De acordo com fluxograma (Figura 1), o processo de troca dos moldes iniciava-se com o desligamento da máquina, em seguida, ferramentas e moldes eram transportados. Dessa forma, perdia-se tempo de produção, pois a máquina estava parada aguardando a realização de atividades que poderiam ser realizadas durante seu funcionamento. Além do mais, constatou-se que a equipe responsável pela troca não utilizava listas de verificação de todos os componentes e passos necessários para a realização da troca. Com isso, havia significativas perdas de tempo quando alguma ferramenta não estava alocada próximo à máquina, caracterizando-se assim como perda de transporte e movimentação desnecessária, conforme concepção de Shingo.

Portanto, fazia-se necessário determinar o ajuste ótimo dos equipamentos e eliminação do tempo perdido no *setup* das operações de produção. Com base ainda na Tabela 1, realizou-se uma análise detalhada do fluxo de operações para a troca dos moldes, resultando nas seguintes observações:

- As operações de *setup* interno correspondem a 83% do tempo total de *setup*;

- As operações de retirar molde da estante e transportar molde para injetora correspondem a 22% do atual tempo de *setup* interno;
- A atividade de abrir/fechar o portão da injetora consome 6% do tempo total da operação de *setup*;
- As operações de desconectar e retirar molde da injetora e posicionar novo molde na injetora somam 7,2 minutos, e consomem 62% do tempo total das operações internas.

Verificou-se, também, que a dificuldade no processo de encaixe e desencaixe dos moldes ocorria devido às diferenças de alturas existentes entre os moldes. As dimensões dos moldes variavam entre si, requerendo diversos ajustes na fixação de novos moldes, atividade com certo nível de dificuldade por se tratar de uma ferramenta muito pesada. Dessa forma, o maior tempo de operações internas está na operação de ajuste dos moldes.

### 4.3 Identificação das oportunidades de melhoria

O segundo estágio de implantação da TRF consiste em separar o *setup* interno do externo, sendo para Shingo (2000) o passo mais importante na implementação da TRF. Através dessa separação, é possível identificar os potenciais de melhoria de cada operação, o que diminuirá o tempo de máquina parada.

Seguindo os passos da metodologia TRF, foram propostas as seguintes melhorias para a redução do tempo de *setup* da operação de troca de molde da injetora de PVC:

**Quadro 1** – Melhorias propostas para a redução do tempo de troca do molde

Nº	MELHORIA	DETALHAMENTO
1	Conversão de <i>setup</i> interno para <i>setup</i> externo	As operações de retirar novo molde da estante e transportar novo molde para a injetora deverão ser realizadas antes do desligamento da máquina;
2	Redução de <i>setup</i> interno	Padronização das alturas dos moldes a partir da fixação de calços e confecção de guias de centragem superior e inferior em todos os moldes, visando reduzir o tempo de encaixe dos moldes;
3	Eliminação de <i>setup</i> interno	Automatização da abertura e fechamento do portão da injetora;

Fonte: Elaborado pelos autores (2009)



#### 4.4 Resultados obtidos

Após a implementação dessas melhorias, foram cronometrados os novos tempos padrão de cada operação no intuito de verificar a eficiência das mudanças realizadas. Nesse estudo de tempos, os ciclos da operação de troca de molde foram repetidos 15 vezes cada. A Tabela 2 registra as reduções de tempo obtidas por cada melhoria implementada:

**Tabela 2** – Reduções de tempo obtidas a partir das melhorias propostas

Melhoria	OPERAÇÕES	ANTES		DEPOIS	
		TIPO*	TEMPO (min)	TIPO*	TEMPO (min)
-	Desligar injetora	I	0,5	I	0,5
3	Abrir portão da injetora	I	0,3	I	0
1	Retirar novo molde da estante	I	1,45	E	1,45
	Transportar novo molde	I	1,11	E	1,11
2	Desconectar molde	I	2,3	I	2,3
	Retirar molde	I	1,4	I	0,7
	Posicionar novo molde	I	3,5	I	1
3	Fechar portão da injetora	I	0,5	I	0
-	Ligar injetora	I	0,5	I	0,5
-	Transportar molde	E	1,11	E	1,11
-	Descartar molde na estante	E	1,2	E	1,2
	<b>TOTAL</b>	-	13,87	-	9,5

**Fonte:** Registro dos tempos padrão disponibilizado pela empresa (2009)

\* TIPO: considerar I = *setup* interno e E = *setup* externo

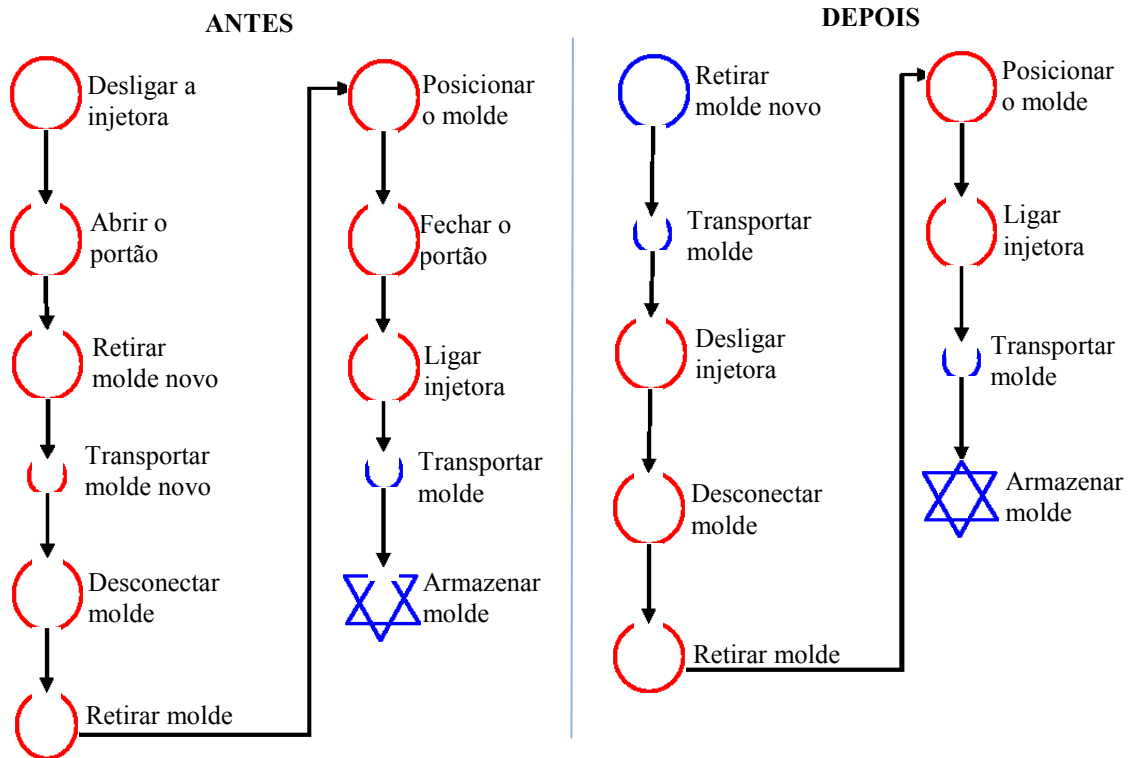
A melhoria 1 alterou a ordem de realização das operações, a operação de transporte do novo molde passou a ser realizada antes do desligamento da máquina, ou seja, foi convertida em operação de *setup* externo, conforme fluxograma da Figura 2. Com essa alteração, economiza-se 2,56 minutos de máquina parada (1,45 minutos da operação de retirar novo molde da estante mais 1,11 minutos da operação de transporte do novo molde).

A partir dessa melhoria, um novo fluxograma (Figura 1) foi definido para o processo de troca de moldes, iniciando com atividades de *setup* externo (azul), que irão disponibilizar as ferramentas necessárias para o início das atividades de *setup* interno (vermelho).

Desse modo, o processo inicia-se com o operador buscando o novo molde na área de *pool* e transportando até a injetora. O passo seguinte é o desligamento da máquina, seguido do desencaixe e retirada do molde em uso. Em sequência, o

funcionário posiciona o novo molde e põe a injetora em funcionamento novamente. O novo procedimento encerra-se com o transporte do molde substituído para ser armazenado no *pool*.

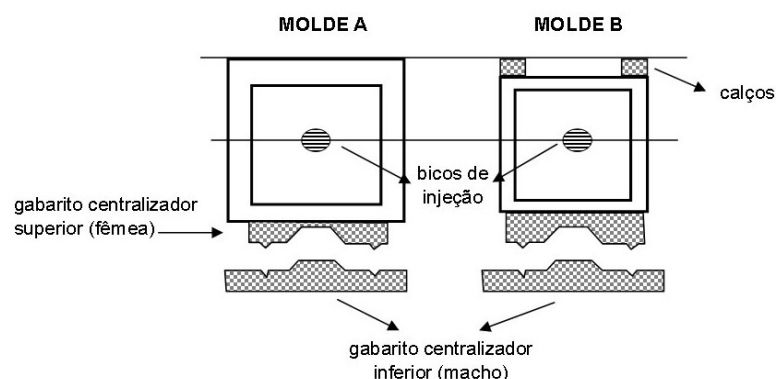
**Figura 1** – Fluxograma do processo anterior vs. processo atual de *setup* (2009)



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2009).

Na melhoria 2, as operações de desconectar e retirar molde e posicionar novo molde sofreram redução de tempo a partir da implementação de calços para padronizar a altura dos moldes e guias de centragem, chamados de gabarito centralizador (conforme figura 3), todas essas alterações reduzem o tempo de ajustes:

**Figura 3** – Padronização da altura dos moldes e implementação de guias de centragem



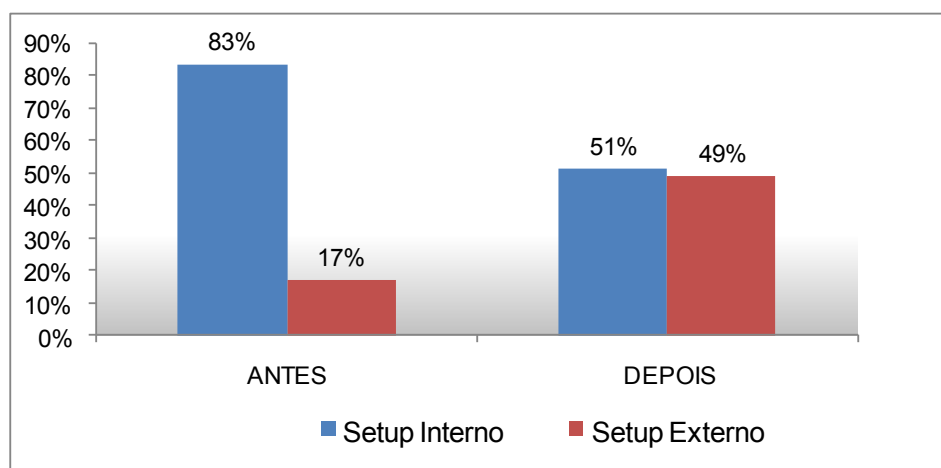
Fonte: SHINGO, 2000

Esses gabaritos mostram visualmente ao operador quando o molde está ou não encaixado na altura correta. Isso diminui tanto a perda de tempo para o operador ao fixar o molde, como também reduz a quantidade de produtos defeituosos perdidos resultantes de moldes mal posicionados.

Por fim, a melhoria 3 propõe a combinação da operação de ligar/desligar a máquina com a operação de abrir/fechar o portão, a partir da automatização do portão, a sua abertura será automática no momento em que a máquina for desligada, e vice versa.

A transformação de operações de *setup* interno em *setup* externo resultaram na redução do tempo de máquina parada. O Gráfico 1 ilustra a redução do tempo de *setup* interno de 83% para 51%:do tempo total de troca do molde:

**Gráfico 1** – Distribuição das operações de *setup* antes e depois da implementação da TRF



Fonte: Tempo padrão das operações de *setup* (2009)

As melhorias correspondem a um aumento de 32% nas atividades realizadas como *setup* externo, ou seja, com a máquina em funcionamento. Essa melhoria representa um aumento de 6,56 minutos de operação da máquina a cada troca de molde realizada, conforme Tabela 3:

**Tabela 3** – Redução do tempo de máquina parada

TIPO de <i>Setup</i>	ANTES		DEPOIS	
	TEMPO (min)	Percentual (%)	TEMPO (min)	Percentual (%)
<i>Setup</i> Externo	2,31	17%	4,87	49%
<i>Setup</i> Interno	11,56	83%	5,00	51%
<b>TOTAL</b>	<b>13,87</b>	<b>100%</b>	<b>9,87</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Registro dos tempos padrão disponibilizado pela empresa (2009)

Na medida em que a organização consegue reduzir o tempo gasto nas operações de *setup* interno, promoverá aumento em eficiência e produtividade. Além disso, esse avanço permitirá a realização das atividades de modo padronizado e antecipado, evitando menos tempo de inatividade do equipamento.

A redução do tempo gasto nas operações de *setup* interno promove aumento na eficiência e na produtividade. Isso pôde ser comprovado a partir da implementação de melhorias na configuração do sistema de produção de botas de PVC a partir da metodologia da TRF. Além disso, o novo procedimento de troca do molde permitirá a realização das atividades de modo padronizado e antecipado, evitando menos tempo de inatividade do equipamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da implementação da metodologia de TRF conseguiu-se reduzir o tempo de *setup* de 13,87 para 9,87 minutos e obter ganhos em relação ao tempo de processamento, pois a máquina terá 32% de tempo a mais para produzir. Além disso, foi possível realizar a automatização da operação de abrir/fechar o portão de acesso à máquina.

Conforme mostrado na pesquisa, as melhorias obtidas não requisitam grandes investimentos financeiros por parte da empresa, pois apenas através da alteração na ordem de execução de operações e padronização das alturas dos moldes, foram atingidos obtidos importantes resultados.

Verificou-se, também, que o sistema de troca desse molde ainda é muito dependente da força do operador, pois as atividades de transporte e posicionamento do molde são realizadas manualmente. Um sistema de esteiras é uma opção que deve ser analisada pela empresa, considerando, obviamente, o custo - benefício dessa opção. As esteiras podem ser utilizadas para transportar os moldes das estantes de armazenamento diretamente para a máquina injetora, automatizando a operação.

Portanto, mesmo com a redução do tempo de *setup* para menos de 10 minutos, é importante desenvolver outros estudos de viabilização de novas tecnologias e ferramentas para reduzir cada vez esse tempo e ampliar a flexibilidade da produção. Em outros termos, os fundamentos da TRF devem ser continuamente implementados, visando reduzir cada vez mais os tempos de *setup* e buscando a sua eliminação total.

## REFERÊNCIAS

ARBÓS, Luís Cuatrecasas. Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: methodology and evaluation of variability of performance. **International Journal Production Economics**, v.80, p.169–183, 2002.

COSTA JUNIOR, Eudes Luiz. **Gestão do processo produtivo**. Ibplex, 2008.

DEMING, W.E. **Out of the Crisis**. MIT Press, 2000.

ETI, M. C.; OGAJI, S. O. T.; PROBERT, S. D. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. **Applied Energy**, v. 79, p.385–401, 2004.

FOGLIATO, Flávio S.; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Revista Gestão e Produção**, v. 10, n. 2, p. 163 – 181, 2003.

HICKS, B. J. Lean information management: Understanding and eliminating waste. **International Journal of Information Management**, v. 27, p.233–249, 2007.

LEÃO, Sílvia R. Diniz; SANTOS, Maurílio José. Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em intervenções de manutenção preventiva. **Revista Produção Online**, v.9, n.1, mar. de 2009.

LEFCOVICH, Mauricio. Mejores prácticas - Single minute exchange die. **Gestiopolis**: 2008. Disponível em: < <http://www.gestiopolis.com/administracion->

estrategia/mejores-practicas-en-fabricacion-y-produccion.htm >. Acesso em: 23 out. 2009.

SHINGO, Singeo. **Sistema de troca rápida de ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.

\_\_\_\_\_. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SAURIN, Tarcísio A.; FERREIRA, Cleber F. **The impacts of lean production on working conditions**: a case study of a harvester assembly line in Brazil. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 39, p. 403–412, 2009.



Artigo recebido em 27/10/2010 e aceito para publicação em 01/02/2012.