



REDUÇÃO DO TEMPO DE TROCA DE MOLDES COM SMED - SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE AND TOOL EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS

PLÍNIO TROMBETA¹, JOSÉ DE SOUZA², LUCIANO VOLCANOGLO BIEHL³,
JORGE LUIZ BRAZ MEDEIROS³

¹Faculdades de Taquara – FACCAT, Taquara/RS – Brasil

²Fundação Liberato – Diretoria de Pesquisa e Produção Industrial (DPPI) Novo Hamburgo/RS – Brasil

³Universidade Federal de Rio Grande (FURG) – PPMec Rio Grande/RS – Brasil

(Recibido 29 de abril de 2019, para publicación 14 de enero de 2020)

Resumo – Este artigo apresenta uma pesquisa aplicada com a aplicação de uma ferramenta para reduzir o tempo de troca de moldes (*setup*) aplicando a metodologia SMED - *Single Minute Exchange of Die and Tool*. Com o objetivo de aumentar a flexibilidade e a produtividade com investimento mínimo a pesquisa foi aplicada em um setor de componentes para calçados que produz a parte superior do tênis, cabedal, em indústria de calçados. Considerando os problemas de um setor de injeção de termoplástico TPU (*Thermoplastic polyurethane*) sobre tecido foi efetuada uma análise de como reduzir os tempos de troca de molde, e melhorar estes tempos para agilizar a produção de pequenos lotes com o menor índice de desperdício de material e de mão de obra. Os resultados obtidos com a aplicação do SMED foi um ganho significativo no *setup além de* melhores índices de produtividade, redução de matéria prima na construção do ferramental e ganhos de matéria prima no processo produtivo do componente. A implantação do projeto agregou qualidade ao produto e a empresa obteve um ganho de tempo na troca do molde de 82,60% resultando no aumento da produção em 9.592 pares/mês equivalente a 16,77 % a mais do que era produzido antes da implantação do SMED.

Palavras-chave: SMED-*Single Minute Exchange of Die and Tool*, Setup, Flexibilidade, Produtividade.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas ocorreram uma série de mudanças na gestão e na organização dos sistemas de produção, independente do setor, seja no setor primário, secundário e terciário, e todos estão buscando formas para produzir mais com menos [1]. As empresas devem seguir uma estratégia diferente e apostar na melhoria contínua da qualidade de seus produtos e serviços, para reter clientes e aumentar sua participação de mercado [2].

Com uma visão de sobrevivência no mercado os processos devem ser mais eficientes para produzir produtos e serviços que possam reduzir custos e satisfazer continuamente as necessidades e expectativas de seus clientes. Ao mesmo tempo, ocorre um aumento de requisitos em relação à flexibilidade, diversidade de variantes, complexidade da logística, transparência e curto tempo de entrega de produtos, juntamente com o foco no cliente da organização da produção [1 - 3]. De uma forma natural todas as empresas buscam o melhor posicionamento de mercado e para isso adotam políticas que possibilitem esta ascensão. A situação de extrema concorrência que as empresas estão atualmente, o objetivo deve ser de buscar o melhor desempenho da produtividade, reduzindo o *lead time* de produção e os resíduos, que são as metas mais importantes para todas as empresas de manufatura [4]. Os novos métodos ou formas de produzir exigem uma maior flexibilidade das empresas o que se tornou uma das virtudes da manufatura contemporânea, pois é a única forma de concorrer neste cenário atual de muitos e diversificados produtos e a concorrência cada vez mais ágil e sem contar as novas tecnologias que impulsionam as empresas a reavaliar sua habilidade de modificar os processos produtivos [5].

O ciclo de vida dos produtos também diminuiu consideravelmente, como consequência da constante necessidade da evolução tecnológica e dos compostos, e as tendências de moda e modo de comportamento das grandes massas de consumidores e para tanto, devem ser criadas condição necessária para acom-

panhar os movimentos do mercado, proporcionando assim uma experiência diferenciada ao consumidor, satisfazendo as necessidades do cliente que está cada vez mais exigente. Este comportamento mais exigente dos consumidores está desafiando as organizações [6]. A busca de mudanças radicais em seus processos produtivos para evidenciar seus produtos, melhorias contínuas são necessárias dentro de cada segmento, o uso da criatividade e principalmente de ferramentas já testadas e aprovadas em outros segmentos adaptadas para situações do cotidiano é que serão os propulsores capazes de melhorar os índices, de produtividade e menor desperdício de matéria prima cada vez mais escassa [7].

As ferramentas ou métodos de controle de qualidade e produção quando usadas adequadamente contribuem e auxiliam no processo produtivo e são muito importantes para proporcionar agilidade e ganho considerável na produtividade [8]. Dentre as ferramentas utilizadas para melhorar o processo produtivo pode-se destacar que o SMED-*Single Minute Exchange of Die and Tool* foi muito usada nas empresas japonesas e devido ao ganho que proporciona no ambiente fabril tomou grandes proporções de uso em diversas áreas, as quais podemos destacar algumas: indústrias envase de bebidas, setores metais mecânicos e injetoras de termoplásticos, injeção de botas de PVC (policloreto de polivinila) e indústria farmacêutica [9].

O SMED vem auxiliar no sentido de diminuir ou até mesmo eliminar estoques, em um ambiente de produção, os custos totais de estoque estão relacionados ao trabalho de manutenção de itens disponíveis (armazenamento, seguro, manuseio, etc.). Os custos de encomenda estão relacionados com a eficiência do equipamento, sendo afetados diretamente pelas trocas devido a perdas de tempo [10]. Muitas vezes, encurtar apenas uma operação permite a redução de custos em uma linha inteira de produção [11]. Sabe-se que alcançar um resultado abaixo de 10 minutos nem sempre são possíveis para todas as trocas de moldes, mas a própria aplicação do método SMED reduz o tempo de *setup* em praticamente qualquer caso [11].

Os processos de reorganização de máquinas e dispositivos têm uma característica comum, ou seja, todos eles consistem em quatro estágios que são os mesmos para cada tipo de equipamento e operação [12]. O setor calçadista, a exemplo de todos os outros setores industriais vem sofrendo uma forte pressão ou pela competitividade entre empresas locais ou pela abertura das fronteiras comerciais internacionais, e com isto surge a necessidade de mudança, de melhorias não por vontade própria, mas pela imposição da concorrência e do mercado [13].

Esta concorrência por sua vez, está fazendo com que as empresas para se manter mudem rapidamente num sentido de buscar e aprimorar métodos de produção com novos sistemas, arranjos produtivos, equipamentos e conhecimento, isto tem possibilitado ganhos na produtividade de forma a manter as empresas no mercado com bons resultados [14].

1.1. SMED-*Single Minute Exchange of Die and Tool*

A redução de tempo de *setup* da metodologia SMED auxilia no aumento das taxas de trabalho nas máquinas, conseqüentemente existe um aumento na produtividade, os defeitos são minimizados, o nível de confiança e segurança na troca é aumentado devido a uma adequação e melhor organização e auxilia na redução do inventário com produtos acabados [15]. A redução de *setup* é um elemento que indica se uma organização tem uma cultura de produção dirigida ao mercado [15], neste contexto podemos afirmar que SMED e *KANBAN* acabaram se complementando, atendendo aos mercados com uma série de vantagens como: velocidade, qualidade, variedade, flexibilização da produção e custo, pois quanto mais rápido o tempo de troca, menor é o tempo de inatividade da máquina, e por isso maior será a produtividade [17].

O SMED não é adotado apenas para trocas de produtos, mas também por restrições de capacidade de ferramenta, exigindo que as peças sejam divididas em lotes com trocas de ferramentas entre lotes, os lotes podem ser obrigatórios pela questão espaço de armazenamento interno de paletes ser insuficiente para lidar com todas as peças de uma só vez [18].

O SMED é uma alternativa para flexibilizar a produção e aumentar a produtividade, através da redução de falhas e, principalmente, do tempo de *setup* [19]. A busca pela eliminação dos desperdícios gera o diferencial entre as empresas, o que propicia a sobrevivência e obtenção de maiores lucros na organização através da flexibilidade dos processos existentes [20].

A fim de implementar melhorias nos tempos de transição com SMED deve-se levar em conta os seguintes fatores: material usado, máquinas, pessoas envolvidas e disposição de máquinas e materiais [21].

O SMED e a Troca Rápida de Ferramentas ou a técnica SMED nasceram pela necessidade de alcançar a produção JIT (*Just in time*), um dos pilares do sistema Toyota que foi desenvolvido para reduzir os tempos da preparação das máquinas, tentando produzir lotes menores [15].

O SMED transcende a simples redução do tempo de *setup* em busca de melhores taxas operacionais, este sistema oferece vantagens estratégicas fundamentais eliminando estoques e revolucionando os conceitos de produção. Uma porção do custo de um produto é determinada pelo custo de produção diretamente relacionado ao desempenho das máquinas, que terá menos tempo ocioso com a redução do tempo de *setup* [22].

O SMED é uma das técnicas aplicadas que mudou o pensamento sobre os sistemas produtivos, implementou melhorias significativas nos tempos de *setup* e está auxiliando as empresas e gestores a obter diferenciais competitivo no mercado globalizado, o sistema o SMED considera que qualquer tempo de preparação deve ser completado em menos de dez minutos [23 - 24].

A busca pelo melhor tempo de troca (*setup*) é reforçada por três razões principais pelas quais as iniciativas de redução do tempo de transição podem ser apropriadas para qualquer empresa: (i) aumentar a flexibilidade, realizando mais trocas e reduzindo o tamanho do lote; (ii) aumentar as capacidades de estrangulamento, a fim de maximizar a disponibilidade da linha para a produção; (iii) e minimizar o custo, já que os custos de produção estão relacionados com a eficácia do equipamento.

As empresas têm sofrido pressão do mercado no sentido de baixarem os preços de venda, forçando dessa forma, a baixarem na mesma proporção, ou de forma mais acentuada, os custos dos elementos essenciais para a produção. Por insumo entende-se que estão envolvidos também o tempo gasto com *setup*, ou seja, é necessário reduzi-los contribuindo para a redução nos custos de produção [25].

A troca rápida de ferramentas pode ser descrita como uma forma de redução dos tempos de preparação (tempos de *setup*) dos equipamentos possibilitando a produção econômica de peças em pequenos lotes de fabricação [5]. Além disso, o SMED possibilita a redução de incidências de erros e a retomada mais rápida do processo produtivo pois exige um menor nível técnico na regulagem dos equipamentos, com isso auxilia a redução dos tempos de atravessamento (*lead times*) possibilitando à empresa respostas rápidas diante das mudanças de mercado [26].

Em qualquer mudança da forma como se está trabalhando ou organização, para uma forma diferente é necessário o envolvimento de todos desde o operador até o diretor e na implantação do o SMED não é diferente, os níveis de educação e habilidade dos trabalhadores também são uma questão importante que precisa ser considerado durante a padronização [27].

O SMED desenvolvido para melhorar as trocas de ferramentas ou trocas de processos das máquinas-ferramentas, mas os princípios foram implementados em vários processos de produção [28].

A metodologia SMED distingue em uma transição de dois tipos de operações: Operações Internas (IED - *Input Exchange of Die*) que só pode ser executada com a máquina imobilizada e operações externas (OED - *Output Exchange of Die*) que podem ser executadas enquanto a máquina está funcionando [29]. O método o SMED permitiu que inúmeras empresas reduzissem consideravelmente seus tempos de troca, e com isto podem passar muitas operações de horas em operações de alguns minutos [1]. A aplicação do SMED é imprescindível, uma vez que as longas mudanças de uma série de produção são problemas críticos para garantir a fluidez da circulação dos produtos [30].

Com relatos atuais e com um pensamento não somente na linha de produção mas também com um viés ecológico ou auto sustentabilidade um bom projeto de molde e produtos dimensionados de acordo podem trazer ganhos expressivos em consumo de energia elétrica e conseqüentemente diminuir o *lead time* ou seja, o *designer* é orientado para o desenvolvimento de soluções ecológicas, a maioria dos impactos ambientais de um molde está diretamente ligada à energia consumida durante a fase de injeção [31].

Com um viés voltado para produção enxuta¹ o SMED é um dos modos de melhoria da produção enxuta nos anos 50, desenvolvido pela japonesa Toyota, com o objetivo de lidar com problemas de produção que são grandes em variedades, mas menos em quantidades, assim como diminuindo o inventário e melhorando a capacidade de resposta rápida do sistema de produção [31 - 32]. O SMED pode efetivamente

¹ A produção enxuta é o ato de produzir ou fabricar com o mínimo possível de desperdício [38]. É todo processo que visa eliminar o desperdício gerado em todo o processo produtivo, utilizando-se de ferramentas específicas para tal fim e que tem sua total atenção voltada para o cliente a que se destina o produto [39].

encurtar o tempo para a troca e preparação do molde na máquina e também pode ajustar o plano de produção da linha de produção com flexibilidade, atendendo às diversas necessidades do mercado.

Para implantação da metodologia SMED esta é uma abordagem científica para reduzir o tempo de configuração (troca) que pode ser aplicado em qualquer fábrica a qualquer máquina [33-34]. A metodologia baseia-se no método em categorizar todas as atividades de configuração em internas e externas, com atividades internas sendo aquelas que podem ser executadas apenas quando a máquina é desligada, e externas sendo aquelas que podem ser realizadas durante a operação normal da máquina quando ainda está em execução [35]. Essas atividades de trocas interna e externa envolvem diferentes operações, como preparação, ajuste pós-processo, verificação de materiais, ferramentas de montagem e remoção, configurações e calibrações, medições, testes, ajustes, etc [36- 37].

2. MÉTODO APLICADO

2.1. Cenário

A pesquisa foi desenvolvida e aplicada em uma empresa do ramo calçadista com mais de 60 anos no mercado brasileiro, atualmente uma empresa gestora de 5 marcas de calçados esportivos. A empresa possui mais de 13 mil colaboradores distribuídos em cinco unidades no Brasil, sendo três unidades produtivas (Ceará, Bahia e Sergipe), um centro de desenvolvimento no Rio Grande do Sul e um centro administrativo em São Paulo. Também conta com duas filiais/centros de distribuição no Peru e na Colômbia, com um centro de P&D (pesquisa e desenvolvimento) localizado na cidade de Parobé no Rio Grande do Sul, desenvolve mais de 1.000 modelos ano de calçados e vestuário. O setor observado e onde posteriormente ocorreu a implementação das melhorias foi a área de injeção de termoplástico sobre tecido, que atualmente responde aproximadamente por 18% da produção diária de tênis, que hoje é uma média de 60.000 pares/dia. Para fabricação deste produto (cabedal) parte superior do tênis são utilizadas máquinas injetoras horizontais com rosca contínua com 180 toneladas de força de fecho.

2.2. Metodologia de implantação

O método SMED é um conjunto de técnicas utilizadas para reduzir e aprimorar os tempos de preparação de máquinas equipamentos e preparação da matéria prima a ser usada no próximo processo, a fim de realizar a troca de moldes ou equipamentos para viabilizar uma linha de produção em menos de 10 minutos [37]. Os procedimentos desta técnica segundo para implementar deve-se seguir os seguintes estágios:

- Estágio preliminar - Falta de diferenciação entre a preparação interna e externa;
- Estágio 1 - A divisão da *setup* em atividades externas (realizadas quando a máquina está em movimento), atividades internas (realizadas quando a máquina está parada) uma das principais perdas para máquinas injetoras por exemplo, e também operações incorretamente executadas durante a troca;
- Estágio 2 - Eliminação de operações desnecessárias e transformação de operações internas em externa assim como apresentar soluções que permitam a melhoria das operações internas, ou seja, a redução do tempo gasto nas demais atividades internas, melhorar também as operações externas;
- Estágio 3 - Simplificar as operações preparatórias através de novas soluções de projeto, a fim de facilitar a determinação de facilitadores de fixação de molde ou dispositivos na máquina. Um treinamento teórico precede a introdução do método SMED, durante o qual os trabalhadores estão familiarizados com os pressupostos do método e seus passos. A vantagem do treinamento é o fornecimento de exemplos de tais soluções, por exemplo, na forma de imagens e é uma forma de melhorar um processo de produção.

Apresentar soluções que permitam a melhoria das operações internas, ou seja, a redução do tempo gasto nas demais atividades internas e por fim analisar os resultados obtidos e repetir os passos anteriores até que o objetivo proposto tenha sido atingido. Com base nessa lógica para a implementação da SMED, um

Quadro 1. Etapas para metodologia da pesquisa.

Etapas	Descrição	Objetivos
1- Empresa	Descreve um pouco da empresa ramo de atuação produto e estrutura organizacional.	Estabelecer para o leitor o cenário onde foi desenvolvido o trabalho.
2 - Organização do processo produtivo	Parte do arranjo físico e o sistema de produção da empresa.	Oferecer subsídios para novas discussões e propostas de melhorias em casos similares.
3 - Processo e tempos atuais	Exposição do processo da fábrica antes do estudo para ver a real necessidade da aplicação de uma ferramenta de melhoria dos tempos de troca de molde.	Mostrar o antes da implantação para poder comparar com o depois da implantação da ferramenta de melhoria, e comprovar com números os benefícios.
4 - Desmembramento de processos de <i>setup</i> externo e interno	Observar, fazer <i>check-list</i> de todas as atividades que envolvem a troca de molde separando o que é <i>setup</i> interno do externo para que a máquina fique o menor tempo possível parada.	Reduzir o tempo de máquina parada durante o <i>setup</i> , ocasionando assim um aumento da produtividade
5 - Otimização da ferramenta SMED	Explicar para a equipe da melhor forma possível de trabalhar com a ferramenta, para que não fique nem uma dúvida entre a equipe de implantação e os operadores.	Manter os mesmos padrões na troca de um molde evitando assim movimentos desnecessários.
6 - Padronizar a ferramenta	Padronização da ferramenta para a atividade de troca, documentando todos os passos para realização das atividades de forma única.	Padronizar o processo
7 - Análise e conclusão	Ver os benefícios obtidos com a implantação da SMED e propor melhorias futuras.	Implantar em diferentes produtos esta ferramenta.

método proposto foi desenvolvido para melhorar sistematicamente o tempo de troca no processo de implementação clássico do SMED. O objetivo foi projetar uma maneira sistemática de reduzir o tempo necessário para realizar uma troca de ferramentas, a fim de alcançar os melhores resultados possíveis. Para a implementação da troca rápida de ferramenta seguiu-se os passos que estão descritos no Quadro 1.

2.3. Estudo aplicado

Os produtos injetados possuem uma escala de numeração que usualmente começa no número 33 ao 44 conjugados de dois a dois ou individuais dependendo do modelo de tênis e da forma como foi escalado, cada número possui um molde e dentro desta grade de moldes pode existir uma variação de cores que pode chegar a seis combinações diferentes, o que pode ocasionar até trinta e seis trocas numa ordem de produção, com todas as cores, normalmente se trabalha com quatro combinações o que requer 24 trocas de moldes para completar um conjunto completo.

Os moldes utilizados para injeção de termoplástico sobre tecido são confeccionados em aço SAE 1045 com um enchimento de alumínio, onde é feito o rebaixo para fixá-los no platô da máquina com os grampos e são feitos nestas chapas de alumínio os canais para refrigeração. O setor de injeção de termoplásticos em máquinas não automatizadas exige o emprego muita mão de obra, pois em cada máquina existe a necessidade de um operador para abastecer o tecido e para retirar a peça após a injeção e mais pessoas para abastecer e fazer as trocas de molde.

Os operadores encarregados de fazer a troca do molde e programar os novos parâmetros na máquina são mais especializada e conseqüentemente seu salário é superior a de um operador, e o excesso de trocas de molde acarreta baixa produtividade, desperdício de mão de obra, consumo de energia elétrica e tempo desperdiçado na retomada do processo. O setor de injeção de termoplástico sobre tecido está estruturado para produzir 10.500 pares dia, possui 26 máquinas para conseguir atingir esta produção em dois turnos de trabalho, com sessenta operadores quatro trocadores de molde dois auxiliares de gerente e um gerente, sendo que muitas vezes as máquinas ficam paradas por falta de molde para produzir, ou seja as pessoas responsáveis pela troca não conseguem atender a demanda e os operadores não são habilitados para fazer esta substituição.

Devido a política adotada pela fábrica de ter o menor estoque possível e somente trabalhar em cima dos pedidos em carteira, as várias trocas são inevitáveis e por isso o setor escolhido para um trabalho de redução do tempo de troca de molde para produzir mais com menos. A redução do tempo de preparação é

Tabela 1. Grade de venda de um determinado modelo.

Escala de numeração	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Percentual (%)	3,7	3,6	3,3	2,6	5,0	15,8	17,8	20,4	15,8	5,0	3,7	3,3
Quant. Moldes	1		2		2		3		2		1	
Pares/Dia	190		154		541		994		541		182	

Tabela 2. Relação de cores por ordem de produção para um determinado modelo.

04 cores injeção	Cor acabado	CHRYMH	CHVDMH	CHVMPT	MRHDLA	PT/CHB	STSBSV
	Cor do TPU	Marinho	Rosa	Preto	Marinho	Preto	Turquesa

uma iniciativa chave da manufatura enxuta [14]. E para ir ao encontro do que a gerência da empresa está propondo reduzir estoque significa trocar mais molde, não poder mais trabalhar por resumo e sim somente a produção do dia.

Na Tabela 1 está uma demonstração de um pedido que é espedido para produção, isto antes era juntado ou produzido por resumo juntava os pedidos de uma semana e colocava no estoque, porém com as novas regras o setor produtivo deve seguir esta ordem de produção diária. Nesta tabela consta o número de moldes para uma produção de 2.600 pares dia, a quantidade de cada número que deve ser produzido e a combinação de cores segue na próxima tabela.

Na Tabela 2 consta a grade de combinações de cores para o modelo da Tabela 1, pode-se perceber que existem variáveis de cor do sintético ou cabedal com as cores do injetado ou seja troca-se somente o tecido e não o TPU, por isso são quatro combinações.

Na Tabela 3 segue a média de trocas diárias de moldes para uma produção de 2600 pares/dia, com uma jornada de trabalho 2 turnos de 528 minutos, e com um tempo de ciclo de 2.035 minutos por par produzido, neste contexto e devido à combinação de cores e a tabela de numeração de venda deste produto, no mês de maio de 2018 assim ficou a distribuição das trocas de molde com necessidade de trabalhar aos sábados para completar a demanda.

Além da troca de molde o tempo de troca ocasiona muitas perdas por refugo e retrabalho. A substituição do molde implica na injeção de alguns pares para testes e ajustes o que gera a perda de algumas peças a cada substituição. Na Tabela 4 estão demonstradas as perdas registradas no mês de maio de dois mil e dezoito quando foi feito a coleta de dados para comparativos do cenário estudado, neste quadro consta mais linhas que seguem mesmo processo de injeção e todas se comportam da mesma forma no que se refere a perdas. Cada linha corresponde a um modelo produzido do segmento termoplástico sobre tecido e as colunas correspondem as datas referentes ao mês de maio.

Tabela 3. Média de trocas de molde para uma produção de 2600 pares/dia.

Dia	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30
Trocas	18	18	18	18	18	16	18	19	19	18	18	17	18	8	18	18	18	18	18	6	18	18	18

Tabela 4. Relação de perdas no processo produtivo linha 2.

Linha de montagem	Média de perdas de 01/05-30/05 (%)
Linha 1	8,13
Linha 2	8,63
Linha 3	15,01
Linha 4	7,19
Linha 5	7,71
Linha 6	7,08
Linha 7	7,10
Linha 8	7,75
Média total do mês	8,57

2.4. Aplicação da SMED

2.4.1 Estágio preliminar

Depois da observação do processo partiu-se para a tomada de tempos e juntamente foi filmado todo o processo de troca de molde, os processos de programação da produção e ordem de troca numeração não estão contemplados neste trabalho.

Em um procedimento normal foram feitos os acompanhamentos de tempo com três operadores diferentes sendo um em Parobé no setor de projetos e dois na fábrica em Horizonte, para ter um comparativo mais real possível, pois no setor de projetos as ferramentas para troca estão mais próximas e as pessoas são melhores preparadas e treinadas para desenvolver estas atividades.

Com uma equipe de estudo e implantação do projeto já bem informada de todo o processo e como este deveria transcorrer para obter os tempos próximos do real, foram identificados os procedimentos e os tempos da Tabela 5, para um *setup* de molde de injeção da parte dianteira do calçado, que cobre e protege o peito do pé que feito sobre tecido. A Tabela 5 apresenta os tempos de um *setup* completo, com a colocação e retirada do molde da máquina onde totalizou 26 atividades.

Tabela 5. Tempos de troca de molde.

COLOCAÇÃO DO MOLDE DA MÁQUINA				
Operadores	Tempo em Minutos			
	Lab.	Prod. 1	Prod. 2	Média
Colocar olhal	0,21	0,25	0,28	0,25
Conectar a guincho manual	1,1	1,5	1,45	1,35
Içar o molde	1,81	1,87	1,92	1,87
Colocar os conectores de água da refrigeração 4	0,51	0,55	0,62	0,56
Centralizar o molde	0,37	0,44	0,31	0,37
Fechar a porta da máquina e acionar o fechamento	0,1	0,1	0,15	0,12
Abrir a porta da máquina	0,2	0,28	0,31	0,26
Colocar as 8 presilhas e apertar	4,95	6,03	5,49	5,49
Retirar as travas de segurança do molde	0,36	0,47	0,48	0,44
Retirar guincho manual e olhal	0,51	0,55	0,59	0,55
Engatar as mangueiras de água	2,25	2,47	3,05	2,59
Ligar registro de água	0,1	0,17	0,19	0,15
Regular encosto do bico	0,2	0,28	0,35	0,28
Ajustar fechamento da máquina e carga	2,33	2,35	2,47	2,38
Trocar programação para próximo número	0,22	0,29	0,33	0,28
Primeira injeção	1,44	1,49	1,55	1,49
Segunda injeção	1,4	1,51	1,52	1,48
Total	18,06	20,60	21,06	19,90
RETIRADA DO MOLDE DA MÁQUINA				
Operadores	Tempo em Minutos			
	Lab.	Prod. 1	Prod. 2	Média
Abrir a porta da máquina	0,10	0,12	0,10	0,11
Colocar olhal	0,15	0,20	0,15	0,17
Conectar a guincho manual	0,45	0,48	0,51	0,48
Desligar registro de água	0,10	0,09	0,12	0,10
Retirar os conectores de água	0,48	0,45	0,40	0,44
Desengatar mangueira de água	2,00	1,95	2,12	2,02
Colocar as travas de segurança	0,33	0,45	0,37	0,38
Retirar as 8 presilhas	2,38	2,51	2,48	2,46
Içar o molde	1,25	1,38	1,45	1,36
Total	7,24	7,63	7,70	7,52
TOTAL PARA COLOCAÇÃO E RETIRADA DO MOLDE	25,30	28,23	28,76	27,42

2.4.2 Estágio 1

Este é o momento de distinguir as operações internas e externas analisando as atividades do estágio anterior para separar as atividades possíveis de serem realizadas com a máquina em funcionamento (externas) das que podem ou devem ser realizadas com a máquina parada (internas), com esta separação é possível visualizar ganhos significativos.

2.4.3 Estágio 2

A transformação de operações internas em externas possibilita aumentar o máximo de operações de preparação com a máquina em funcionamento. O objetivo é a redução do tempo que a máquina se encontra parada. Neste estágio foi feito um estudo detalhado de todas as operações e percebeu-se a possibilidade de ganho muito pequeno devido ao tipo de configuração do molde, apenas as etapas que constam na Tabela 6 foram possíveis de serem transformadas em *setup* externo.

Pelos dados que constam na Tabela 6 os ganhos com o SMED seriam muito baixos e não surtiram o efeito esperado, pois a proposta é baixar para um dígito.

Tabela 6. Tempos de troca de molde.

Tarefas para colocar molde na máquina	Tempo em Minutos			
	Lab.	Prod. 1	Prod. 2	Média
Operadores				
Colocar olhal	0,21	0,23	0,25	0,23
Colocar os conectores de água da refrigeração 4	0,48	0,55	0,62	0,47
Colocar olhal	0,15	0,20	0,15	0,17
Retirar os conectores de água	0,48	0,45	0,40	0,44
			Total	1,31

2.4.4 Estágio 3

Na busca pela melhoria sistemática, optou-se por associar as oito técnicas da SMED de forma a aperfeiçoar todas as operações para tornar o tempo de preparação cada vez mais rápido e eficaz, porém em nossa análise como já evidenciado nos dados anteriormente descritos não houve ganho significativo.

A solução foi partir para uma análise detalhada a todas as operações de forma a encontrar soluções que permitam reduzir o tempo de execução. Para as operações externas não foram encontradas muitas soluções viáveis e para as internas é que foi visto o maior espaço para melhorias, com soluções de recorrer para à aplicação de fixadores rápidos, operações realizadas em paralelo com a utilização de mais do que um colaborador e eliminação dos ajustes e afixações.

Com um objetivo de conseguir reduzir o tempo para menos de 10 minutos o que significa mais de cinquenta por cento do tempo, começou a trabalhar na possibilidade de eliminar processos ou etapas da troca do molde, e a conclusão que se chegou que a única forma de alcançar o objetivo final seria em alterar o projeto.

A primeira análise feita se refere a quantidade de pares dia produzido com esta configuração ou deste modelo de injeção de termoplástico sobre tecido e se considerou o tempo de ciclo de 2,035 que é o tempo pago ou cronometrado com todos os fatores de correção por problemas de qualidade e tempos ociosos do operador.

A fábrica possui uma estrutura de máquinas e pessoas com capacidade instalada para produzir 13.492 pares dia de injetado sobre tecido, porém, consegue realmente produzir somente 10.500 pares dia com 26 máquinas em uma jornada de 1056 minutos dividido em dois turnos. Esta defasagem primeiramente esta aliada a necessidade de várias trocas de molde e em segundo pelo percentual de perda que chega a uma média de 8,5%.

Com um tempo de ciclo de 2.035 minutos por par produzido e utilizando o tempo total das maquinas a perda de produção fica em 2992 pares dia sendo destes 243 pares dia são desperdiçados em troca de molde (*setup*), mais 1.126 pares são desperdiçados por problema de qualidade incluindo aqui os usados para

regulagem da máquina, injeção incompleta, o tempo restante são calculados pelo setor de PCP² como perdas de fadiga e manutenção.

Com esta configuração de trabalho o IROG (Índice de Rendimento Operacional Global) fica em 77,82%. Na Tabela 7 consta a produção da capacidade instalada com as 26 máquinas produzindo que produz oito diferentes modelos, porém o processo de produção não muda conforme está demonstrado a produção de uma linha com 6 máquinas que foi usada para realizar a pesquisa, que produz 2600 pares dia usando seis máquinas.

Analisando os dados da Tabela 7 percebe-se uma grande possibilidade de mudança por projeto, pois todas as cinco linhas que produzem com esta configuração, os moldes são do mesmo tamanho o que facilita muito criar um dispositivo para fixação rápida.

Para a aprovação por parte da gerência foi necessário apresentar uma proposta de retorno imediato não somente no tempo de *setup*, mas também um ganho no tempo e na matéria prima dos moldes conforme a Fig. 1.

Tabela 7. Capacidade de produção.

	Capacidade de Produção/dia (pares)	Produção/dia (pares)	Perdas (pares)	Perdas (%)
Linha com 26 máquinas	13492	10500	2992	22,17
Linha com 6 máquinas	3114	2600	514	16,50

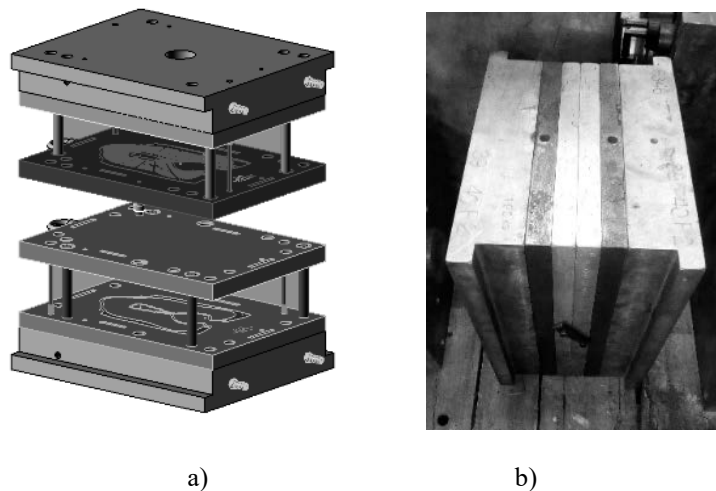


Fig. 1. Molde antes do SMED.

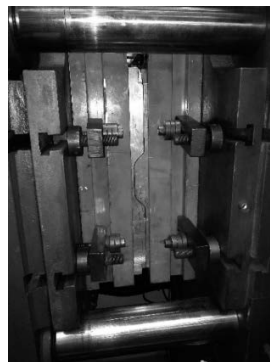


Fig. 2. Forma como o molde e fixado na máquina.

² O PCP é uma forma de gerenciamento de produção com o objetivo melhorar os resultados da produção e uso dos recursos. O PCP pode ser aplicado para facilitar a gestão de atividades da produção facilitando a tomada de decisões. Com o PCP é possível gerenciar os recursos operacionais utilizados na produção, planejando e controlando todo o processo que envolve a fabricação dos produtos [40].

Tabela 8. Tempos de troca de molde.

COLOCAÇÃO DO MOLDE DA MÁQUINA					
	Etapas suprimidas	Tempo em minutos			Média
		Op. Lab.	OP. Prod. 1	Op. Prod. 2	
Colocar olhal	X	0,21	0,25	0,28	0,25
Conectar a guincho manual		1,1	1,5	1,45	1,35
Içar o molde		1,81	1,87	1,92	1,87
Colocar os conectores de água da refrigeração 4	X	0,51	0,55	0,62	0,56
Centralizar o molde		0,37	0,44	0,31	0,37
Fechar a porta da máquina e acionar o fechamento		0,1	0,1	0,15	0,12
Abrir a porta da máquina		0,2	0,28	0,31	0,26
Colocar as 8 presilhas e apertar	X	4,95	6,03	5,49	5,49
Retirar as travas de segurança do molde	X	0,36	0,47	0,48	0,44
Retirar guincho manual e olhal	X	0,51	0,55	0,59	0,55
Engatar as mangueiras de água	X	2,25	2,47	3,05	2,59
Ligar registro de água	X	0,1	0,17	0,19	0,15
Regular encosto do bico	X	0,2	0,28	0,35	0,28
Ajustar fechamento da máquina e carga	X	2,33	2,35	2,47	2,38
Trocar programação para próximo número		0,22	0,29	0,33	0,28
Primeira injeção		1,44	1,49	1,55	1,49
Segunda injeção		1,4	1,51	1,52	1,48
Total		18,06	20,60	21,06	19,90
RETIRADA DO MOLDE DA MÁQUINA					
Abrir a porta da máquina		0,10	0,12	0,10	0,11
Colocar olhal	X	0,15	0,20	0,15	0,17
Conectar a guincho manual		0,45	0,48	0,51	0,48
Desligar registro de água	X	0,10	0,09	0,12	0,10
Retirar os conectores de água	X	0,48	0,45	0,40	0,44
Desengatar mangueira de água	X	2,00	1,95	2,12	2,02
Colocar as travas de segurança	X	0,33	0,45	0,37	0,38
Retirar as 8 presilhas	X	2,38	2,51	2,48	2,46
Içar o molde		1,25	1,38	1,45	1,36
Total		7,24	7,63	7,70	7,52
				Total Geral	27,42

Com a possibilidade de mudança por projeto percebeu-se que haveria a possibilidade de ganhar as seguintes etapas para troca de molde conforme Tabela 8.

3. RESULTADOS

Com o propósito de melhoria no projeto, pela convicção de que a simples transformação de *setup* interno em externo não trariam o resultado esperado, foi desenvolvido o projeto e execução de um dispositivo capaz de agregar algumas vantagens que se justifica a sua construção, antes mesmo de ser posto na máquina.

Estas vantagens começam já na mudança do molde que ficou menor, ou seja, foi transferido parte da estrutura do molde para o dispositivo ou porta molde, com vantagens de economia de material, tempo na construção dos moldes que representou um ganho de 08 horas e 35 minutos e de matéria prima 72 Kg de alumínio usado como base para fixação do molde nas placas da injetora.

O custo do molde diminuiu 15%, ou seja, com uma coleção de 6 moldes é possível pagar um dispositivo somente na economia de mão de obra e matéria prima, que foi o principal argumento usado para que o projeto fosse aprovado sem se ter uma posição concreta da economia de tempo e os benefícios para a troca rápida de ferramenta.

Na busca por um tempo inferior a dez minutos foi desenvolvido um dispositivo também conhecido como porta ferramenta ou porta molde com engates rápido, com refrigeração, encostos para centralização espessura padrão para evitar regulagem de fechamento evitando assim um ponto de controle de falha, este dispositivo pode ser observado na Fig. 3.

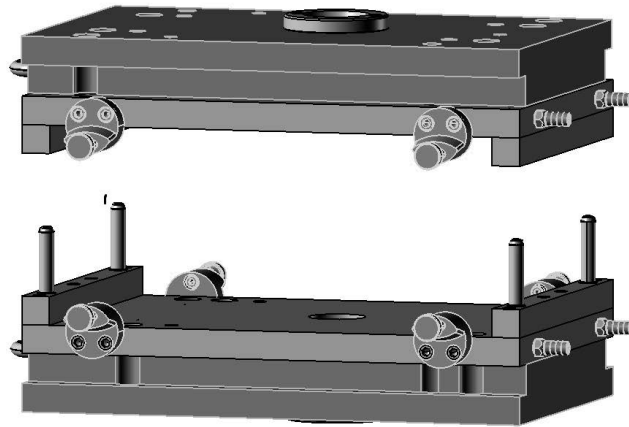


Fig. 3. Dispositivo de fixação com engate rápido.

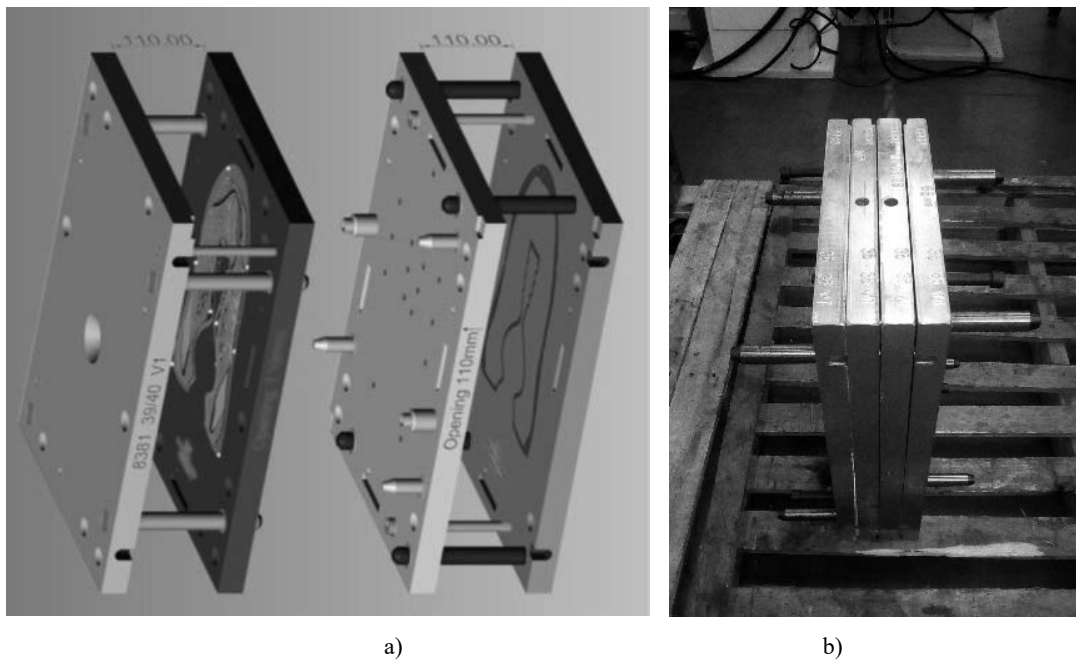


Fig. 4. Molde após SMED.

A Fig. 4 demonstra o molde que vai ser fixado dentro do dispositivo.

Quando comparado ao molde anterior, este último ficou 160 mm mais fino e por consequência mais leve, ganhou-se em mobilidade e espaço para guardar este molde quando não está produzindo, outro ganho considerável foi ergonomicamente, pois não temos muitas vezes empilhadeiras para movimentação e relocalização nas prateleiras e isto deve ser feito manualmente.

O dispositivo foi todo construído em aço SAE1045 com as partes que compõe o engate rápido temperado, com a padronização dos dispositivos e a maior resistência do que o alumínio usado anteriormente conseguiu-se dispensar o ajuste devido ao trabalho feito nos moldes que também estão sendo fabricados em aço P20 para garantir que nada interfira no processo.

O custo de fabricação do dispositivo ficou em R\$ 4.850,00 reais e o molde de R\$ 10.350,00 reais reduziu para R\$ 9.150,00 reais totalizando assim uma economia de R\$ 1.200,00 reais, considerando uma co-

Tabela 9. Tempos de troca do molde após implantação do SMED.

Tarefas para colocar molde na máquina	Tempo em Minutos
	Op. Projeto
Conectar a guincho manual	0,19
Içar o molde	0,49
Centralizar o molde	0,14
Fixar molde	0,18
Fechar a porta da máquina e acionar o fechamento	0,10
Abrir a porta da máquina	0,10
Retirar guincho manual	0,11
Primeira injeção	1,25
Segunda injeção	1,02
Total	3,58
Retirar molde da máquina	
Afastar bico injetor	0,10
Abrir a porta da máquina	0,10
Conectar a guincho manual	0,15
Abrir presilhas	0,35
Içar o molde	0,49
Total	1,19
Total Geral	4,77

leção do 33 ao 44 que é o que normalmente se trabalha obtemos uma economia de R\$ 7.200,00 reais para produzir 2.600 pares dia são necessário dez moldes e o uso de seis máquinas gerando assim uma economia na fabricação do molde de R\$ 12.000,00 reais e um custo para equipar estas máquinas com seis dispositivos de R\$ 29.100,00 reais isto gera uma diferença de R\$ 17.100,00 reais, porem o tempo de troca de molde ficou conforme Tabela 9.

Os dados coletados referentes a Tabela 9 foram filmados e cronometrados no setor de projetos na unidade de Parobé no Rio Grande do Sul, em uma máquina horizontal com rosca contínua de 180 toneladas de força de fecho, o mesmo tipo de máquina utilizado nas outras unidades e utilizando as mesmas presilhas utilizadas no setor de produção das unidades de Itapetinga na Bahia e na unidade de Horizonte no Ceará.

Após o projeto ser concluído e aprovado foi feito uma coleção de moldes e cinco dispositivos que foram encaminhados para a unidade de Itapetinga na Bahia onde estão produzindo 2.600 pares dia, com os novos cálculos com um tempo de ciclo de 1,877 minutos, foi possível reduzir o tempo de ciclo devido ao trabalho feito para melhorar a refrigeração dos moldes e troca de material do molde de aço SAE 1045 para aço P20.

Com estas mudanças associadas a mudanças de programação e troca de fornecedor de parte da matéria prima usada no processo de injeção conseguiu-se esta mudança significativa no tempo de ciclo, algo que com certeza poderia ter sido feito antes, porém alterando um parâmetro foi possível ver outros pontos que poderiam ser alterados.

Aplicando os novos parâmetros na linha da pesquisa com produção de 2600 pares dia tivemos os seguintes resultados:

- Tempo de ciclo que antes era de 2,035 minutos ficou 1,877 minutos ganho de 7,76%;
- Tempo de troca de molde (*setup*) antes 27,42 minutos ficou 4,77 minutos ganho de 82,60%;
- Perda de produção por produtos não conformes antes 8,63% depois da implantação da SMED 2,72% resultando um ganho de 5,91%;
- Capacidade de produção pares dia, peças conformes, antes 2.600 pares após a implantação 3.036 pares dia.

Considerando um preço médio de venda deste tipo de produto a R\$ 69,00 reais o par, com um lucro estimado em 25% seria possível aumentar o faturamento em R\$ 7.521,00 dia totalizando em um mês R\$ 165.462,00.

Baseado nestas informações e por não ter venda da quantidade de pares possíveis de serem produzidos diariamente foi decidido remanejar pessoas e trabalhar apenas com cinco máquinas para esta linha de produto.

Este conceito do SMED sendo aplicado em oito linhas, que é a média que roda na fábrica ter-se-ia uma capacidade de produção dia de 12.260 pares mantendo o padrão de qualidade de 2,72%, isto elevaria o IROG para 83,81% abaixo do índice considerado bom para os padrões mundiais que seria em torno de 85%, mas possíveis de serem alcançados com mais algumas alterações estruturais.

As perdas de produção também ficaram abaixo do que antes da implantação do SMED conforme pode ser observado na Tabela 10 considerando apenas a linha que produz 2.600 pares dia.

Os principais ganhos relacionados a produção estão no fato de que para acelerar a troca dos moldes muitas vezes se pulava algumas etapas, como por exemplo engatar as mangueiras de refrigeração, regulação de máquinas com relação a espessura dos moldes, peças mal fixadas causando desencontro da cavidade relacionado a tampa.

Além destes problemas relacionados ao operacional foi feito um trabalho de treinamento dos trocadores de molde para seguir mais os parâmetros pré-estabelecidos no momento da aprovação dos moldes, e com uma padronização do sistema ficou mais fácil convencer os operadores desta necessidade.

Tabela 10. Perdas de produção relacionado depois de implantar a SMED linha 4.

Linha de montagem	Média de perdas de 02/07-31/07 (%)
Linha 1	8,87
Linha 2	9,55
Linha 3	16,50
Linha 4	2,72
Linha 5	7,92
Linha 6	8,78
Linha 7	9,03
Linha 8	9,11
Média total do mês	12,98

5. CONCLUSÕES

A partir da implementação da metodologia SMED conseguiu-se reduzir em 82,60% o tempo de troca de molde da linha 4, aumentando a capacidade de produção das injetoras de termoplástico sobre tecido, contribuindo para a redução dos erros e ajustes de *setup*, redução de produtos não conforme, simplificação de operações e disponibilidade de máquinas, também melhorou o índice de produtos não conformes de 8,63% para 2,72% um ganho de 5,91%, isto numa produção de 2600 pares dia equivale a 153 pares dia a mais.

A metodologia SMED veio ao encontro do que a empresa está adotando como princípio do não custo, de manter estoque de material semiacabado, como é o caso da injeção sobre tecido que se não for usado não se consegue usar nem o sintético tecido e nem o termoplástico pois um funde no outro ficando inviável separar para reutilizar. Para a implantação das técnicas de redução de *setup* houve a necessidade de simplificação de equipamentos e procedimentos operacionais, a troca de conjuntos ao invés de componentes, padronização das funções e uso de fixadores funcionais foram fatores decisivos para o sucesso da implantação do SMED no setor produtivo.

A redução do *setup* dentre outras vantagens possibilitou um ganho de matéria prima na construção do molde, que ocasionou uma economia de 72 quilos de alumínio que hoje custa R\$ 11,25 reais totalizando R\$ 810 reais mais a mão de obra utilizada para preparação destas chapas, o que vem de encontro a uma filosofia de trabalho quando se pensa em sustentabilidade que é repensar, reduzir, recusar, reutilizar e reciclar materiais, mão de obra, espaço de armazenamento, reduzir a utilização de energia e gerar menor quantidade de resíduos.

Menor quantidade de resíduos foi possível no momento da criação do dispositivo que dispensou o uso de blocos de enchimento de alumínio, com uma padronização de moldes o que deixou de gerar perdas por peças não conformes e redução dos materiais necessários para a produção tanto sintéticos como termoplásticos.

A pesquisa aplicada alcançou seu objetivo de reduzir o tempo de *setup* para um dígito, mais acima de tudo trouxe uma visão de que não somente produzir mais pode trazer vantagens competitivas, diminuir inventários de estoque e máquinas também é uma forma de aumentar a competitividade de uma empresa, produzir mais com menos ou seja manter a mesma produção com um número menor de máquinas e pessoas.

Como resultado do estudo aplicado surgiram outras possibilidades de aplicação da SMED no próprio setor de injeção de termoplásticos, e este se refere a utilização de dois guinchos manuais para troca de molde, o que diminui ainda mais o tempo de troca, e em outros setores também surgiu a possibilidade de estudos para desenvolvimento de dispositivos de troca rápida de equipamentos.

REFERÊNCIAS

- [1] Dombrowski, U., Ebentreich, D., Krenkelh, P., “Impact Analyses of Lean Production Systems”, *Procedia CIRP*, 57, 607-612 (2016)
- [2] Roriz, C., Nunes, E., Sousa, S., “Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company”, *Procedia Manufacturing*, 11, 1069-1076 (2017)
- [3] Fin, J.C., Vidor, G., Cecconello, I., Machado, V.C., “Improvement based on standardized work: an implementation case study”, *Brazilian Journal of Operations & Production Management - BJO&PM*, 14(3), 388-395 (2017)
- [4] Azizi, A., Manoharan, T.A.P., “Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study”, *Procedia Manufacturing*, 2, 153-158 (2015)
- [5] Spohr, J., Aquino, J.R., Gimenes, R.M.T., “Análise de processos industriais em uma empresa prestadora de serviços do setor têxtil”, *Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR*, Umarama, 13(2), 263-278 (2012)
- [6] Bici, M., Broggiato, G.B., Campana, F., Dughiero, A., “Computer Aided Inspection Procedures to Support Smart Manufacturing of Injection Moulded Components”, *Procedia Manufacturing*, 11, 1184-1192 (2017)
- [7] Dias, J.L.Z., Santini, B., “Value Stream Mapping in the Rotomoulding Process” [in Portuguese], *Revista Liberato*, 19(32), 225-237 (2018)
- [8] Aljboura, I., Paksoyb, T., Çalik, A., “Evaluation of lean manufacturing awareness and performance of petrochemical companies in middle east by using AHP method”, *International Journal of Lean Thinking*, 8(2), (2017)
- [9] Karam, Al-A., Marian, L., Veres, C., Horea, R., “The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED Project”, *Procedia Manufacturing*, 22, 886-892 (2018)
- [10] Ferradás, P.G., Salonitis, K., *Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells*. *Procedia CIRP*, 7, 598-603 (2013)
- [11] Ziółkowska, M., *Doskonalenie procesu produkcyjnego przy wykorzystaniu metody SMED w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym (master thesis on supervising B. Skotnicka-Zasadzień, Zabrze)* (2018)
- [12] Milewska, E., “IT systems supporting the management of production capacity”, *Manage. Syst. Prod. Eng.* 25(1), 60-67 (2017)
- [13] Neto, J.S., France, L.D.A., Neto, M.A.D., Rocha, Y.B., *Implantação do método de troca rápida de ferramentas em máquinas de injeção de calçados plástico*, xxxv encontro nacional de engenharia de produção perspectivas globais para a engenharia de produção Fortaleza, CE, Brasil (2015)
- [14] Brito, M., Ramos, A.L., Carneiro, P., Gonçalves, M.A., “Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area”, *Procedia Manufacturing*, 13, 1112-1119 (2017)
- [15] Viamontes, A.R.F., *Implementação de princípios e ferramentas lean numa empresa de sistemas de antenas para automóveis*. Dissertação de mestrado em Estudos de Gestão, universidade do Minho, Escola de Economia e Gestão (2017)
- [16] Sipper, D., Bulfin, R.L.Jr., *Production: planning, control and integration*, New York: MacGraw-Hill (1997)

- [17] Kumaravel, D.R., Bharathi, S., Kavinandini, M., “Enhancing the production through SMED methodology”, *International Journal of Engineering & Technology*, **7**(2.8) 382-385 (2018)
- [18] Faccio, M., “Setup time reduction: SMED-balancing integrated model for manufacturing systems with automated transfer”, *International Journal of Engineering and Technology*, **5**(5), (2013)
- [19] Leote, M.M., Pacheco, D.A.J., “Como a troca rápida de ferramentas contribui para a produtividade de células de manufatura?”, *Espacios*, **35**(6), (2014)
- [20] Ferreira, W.F., Leal, G.C.L., Cotrim, S.L., Galdamez, E.V.C., “Redução de tempo de setup de troca de moldes em uma indústria de injeção plástica baseado na metodologia SMED”, *Espacios*, **37**(38), (2016)
- [21] Almomani, M.A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., Mumani, A., “A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques”, *Computers & Industrial Engineering*, **66**(2), 461–469 (2013)
- [22] Goubergen, V.D., Landeghem, V.H., “Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, **18**(3-4), 205-214 (2002)
- [23] Shingo, S., *Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Tradução de Eduardo Schaan e Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman (2000)
- [24] Cakmakci, M., “Process improvement: performance analysis of the setup time reduction - SMED in the automobile industry”, *International Journal of Advanced Technology Manufacturing*, **41**(1-2), 168-179 (2009)
- [25] Martins, P.G., Laugeni, F.P., *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo, Saraiva (2006)
- [26] Leão, S., Santos, M., *Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em Intervenções de manutenção preventiva*. Revista Produção Online – Universidade Federal de Santa Catarina, Vol. IX, Num. I (2009)
- [27] Ulutas, B., “An application of SMED Methodology”, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, **5**(7), 1194-1197 (2011)
- [28] Mcintosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R., Owen, G.W., “A Critical Evaluation of Shingo’s SMED Methodology”, *International Journal of Production Research*, **38**(11), 2377-2395 (2010)
- [29] Oliveira, J., Sá, J.C., Fernandes, A., “Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company”, *Procedia Manufacturing*, **13**, 1082-1089 (2017)
- [30] Suganyadevi, K., Malmurugan, N., “OFGM-SMED: An Efficient and Robust Foreground Object Detection in Compressed Video Sequences”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **28**, 210-217 (2014)
- [31] Matarrese, P., Fontana, A., Sorlini, M., Diviani, L., Maggi, A., “Estimating energy consumption of injection moulding for environmental-driven mould design”, *Journal of Cleaner Production*, **168**(1), 1505-1512 (2017)
- [32] Chen, S., Fan, S., Xiong, J., Zhang, W., “The Design of JMP/SAP Based Six Sigma Management System and its Application in SMED”, *Procedia Engineering*, **174**, 416-424 (2017)
- [33] Karasu, M.K., Cakmakci, M., Cakiroglu, M.B., Ayva, E., Demirel-Ortabas, N., “Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production”, *Measurement*, **47**, 741–748 (2014)
- [34] Mihok, J., Kádárová, J., Demečko, M., Ružinský, M., “The Use of SMED in Engineering Manufacturing”, *Applied Mechanics and Materials*, **816**, 568-573 (2015)
- [35] Rosa, C., Silva, F.J.G., Ferreira, L.P., Campilho, R., “SMED methodology: the reduction of setup times for steel wire-rope assembly lines in the automotive industry”, *Procedia Manufacturing*, **13**, 1034-1042 (2017)
- [36] Singh, B.J., Khanduja, D., “SMED: for quick changeovers in foundry SMEs”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, **59**(1), 98-116 (2009)
- [37] Ribeiro, R.B., Souza, J.D., Beluco, A., Biehl, L.V., Medeiros, J.L.B., Sporket, F., Rossini, E.G., Amaral, F.A.D., “Application of the Single-Minute Exchange of Die system to the CNC sector of a shoe mold company”, *Cogent Engineering*, **6**, 1-11 (2019)
- [38] Vizzotto, M.J., Fredo, A.R., Ciconet, B., Rizzotto, M.F., Tondolo, V.A.G., Zanandrea, G., “Identification of lean manufacturing implementation difficulties: a case study in the furniture industry” [in Portuguese], *Espacios*, **36**(19), 20 (2015)
- [39] Souza, J.D., Hadlich, D.P.F., Maahs, T.R., “Analysis of the replacement of conventional pallets of wood for cardboard pallets” [in Portuguese], *Revista Liberato*, **17**(28), 01-134 (2016)
- [40] Reis, C.E., Krumenauer, G.L., Souza, J.D., “Planning and Production Control (PPC) on a footwear industry microenterprise: A case study” [in Portuguese], *Espacios*, **37**(16), 17 (2016)

REDUCTION OF MOLD EXCHANGE TIME WITH SMED - SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE AND TOOL IN A FOOTWEAR INDUSTRY

Abstract – This paper presents applied research with the application of a tool to reduce the time of change of molds (setup) applying the methodology SMED. The study is about a sector of components for footwear that produces the upper part of the shoe, leather, in the footwear industry. An analysis of how to reduce mold exchange times and to improve these times to speed the production of small batches with the lowest index of material waste and labor was performed. The results obtained with the application of the SMED -Single Minute Exchange of Die and Tool was a significant gain in the setup as well as better productivity indexes, reduction of raw material in the construction of the tooling and recent material gains in the component's productive process. The implementation of the project added quality to the product, and the company obtained a time gain in the mold exchange of 82.60%, increasing the production of 9,592 pairs/month.

Keywords – SMED-Single Minute Exchange of Die and Tool, Setup, Flexibility, Productivity.