



**Gonçalo Nuno
Sardinha dos Anjos**

**Implementação da Metodologia SMED para a
redução dos tempos de setup**



**Gonçalo Nuno
Sardinha dos Anjos**

**Implementação da metodologia SMED para a
redução dos tempos de setup**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Prof. Doutora Ana Sofia Simaria, Professora auxiliar convidada do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Júri

Presidente:

Doutora Maria João Machado Pires da Rosa
(Professora Auxiliar Convidada da Universidade de Aveiro)

Vogais:

Doutora Maria João Machado Pires da Rosa (Arguente)
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Industrial e Gestão da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Doutora Ana Sofia de Almeida Simaria (Orientadora)
(Professora Auxiliar Convidada da Universidade de Aveiro)

Agradecimentos

Aos operadores, pela colaboração, compreensão e empenho, sem eles nada teria sido possível.

À empresa por ter acreditado e por ter permitido a implementação deste projecto.

À prof. Doutora Ana Sofia Simaria, pela dedicação, prontidão e efectiva orientação, através de sugestões e acompanhamento do projecto.

Ao Engenheiro Rui Soares pela colaboração e empenho na elaboração e implementação deste projecto.

À minha namorada pelo incentivo, apoio e compreensão.

Aos meus pais, irmã e amigos pelo incentivo constante.

palavras-chave

SMED, redução do tempo de setup, produtividade.

resumo

Actualmente existe uma elevada concorrência nos mercados, originando nas empresas a necessidade de evoluírem para conseguirem sobreviver. Para além do aumento do número de concorrentes, os próprios consumidores mudaram, exigindo mais qualidade e maior variedade a um menor custo e em menos tempo.

Com o intuito de melhorarem a sua produtividade, as suas relações com os clientes, a sua agilidade e os seus desperdícios, as empresas têm vindo a desenvolver novas técnicas ou usar técnicas já existentes, como é o caso do Single Minute Exchange of Die (SMED).

Com este trabalho pretende-se mostrar a aplicabilidade do SMED em empresas produtoras de parafusos, rebites e peças especiais. Com base na revisão bibliográfica, onde se apresenta a fundamentação teórica desta metodologia, bem como outros trabalhos desta área, propõe-se um modelo para a implementação do SMED que, posteriormente, é colocado em prática na subsecção Dupla Pancada da Secção de estampagem da empresa 3Marcos.

Os resultados da implementação deste modelo na empresa referida confirmam a aplicabilidade da metodologia SMED em empresas produtoras de parafusos, rebites e peças especiais, e, sobretudo, a sua eficiência para aumentar a competitividade dessas mesmas empresas.

keywords

SMED, reduction of setup time, productivity.

abstract

The current market competition forces companies to improve their processes in order to survive. Not only the number of competitors has increased but also the needs of the customers have changed, as now they demand more quality and more variety at lower costs and in less time.

In order to improve their productivity, their relationship with customers, their agility and waste, companies have been developing new techniques or using existing ones, as it is the case of Single Minute Exchange of Die (SMED).

The aim of this work is to show the applicability of SMED in companies producing screws, rivets and special pieces.

Based on the literature review, where the theoretical concepts of this methodology are presented, as well as other works in the area, a model for the implementation of this methodology is presented and its implementation in the subsection Double Blow of the Stamping department of the company 3Marcos is described.

The results of the implementation of this model in the referred company confirm the applicability of the methodology SMED in these types of companies and its efficiency to increase their competitiveness.

Índice

Capítulo 1 – Apresentação do projecto	1
1.1 Introdução	2
1.2 Objectivos.....	2
1.3 Apresentação da empresa e do processo produtivo.....	3
1.3.1 Processo de Estampagem.....	6
1.4 Estrutura do relatório.....	8
Capítulo 2 – Fundamentação teórica.....	9
2.1 A filosofia Just-In-Time (JIT).....	10
2.2 Metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED).....	15
2.2.1 Fases conceptuais do SMED.....	17
2.2.2 Técnicas para aplicação do SMED.....	18
2.3 Trabalhos sobre redução de tempos de setup.....	20
Capítulo 3 – Desenvolvimento do projecto.....	23
3.1 Consciencialização da importância do projecto junto dos operadores da subsecção Dupla Pancada.....	26
3.2 Formação da equipa de trabalho.....	27
3.3 Conhecer os tempos actuais de setup e estabelecer uma meta.....	27
3.4 Aplicação das técnicas de SMED.....	29
3.5 Verificação periódica dos resultados.....	34
3.6 Resultados finais do modelo proposto.....	34

Capítulo 4 – Conclusões e propostas de trabalhos futuros.....	37
4.1 Conclusões.....	38
4.2 Propostas de trabalhos futuros.....	40
Referências Bibliográficas.....	41
Anexos.....	43

Índice de figuras

Figura 1 – Fluxograma do processo de fabrico.....	4
Figura 2 – Exemplo das fases de um artigo na subsecção Dupla Pancada.....	7
Figura 3 – Exemplo das fases de um artigo na subsecção Multi-estações.....	7
Figura 4 – Fluxograma do modelo proposto.....	25
Figura 5 – Exemplo de algumas recolhas de tempos de setup antes da implementação.....	28
Figura 6 – Percentagem de tempo das várias actividades realizadas no setup (antes da implementação do projecto)	30
Figura 7 – Ordem pela qual as operações de setup eram efectuadas anteriormente.....	31
Figura 8 – Ordem pela qual as operações de setup são efectuadas actualmente.....	32
Figura 9 – Carrinho utilizado para transportar as ferramentas da estante até à máquina.....	33
Figura 10 – Organização da estante onde se encontra a ferramenta de apoio das máquinas.....	33
Figura 11 – Alguns exemplos dos tempos praticados no final do estágio.....	35
Figura 12 – Evolução dos tempos de setup do artigo 4,2x9,5.....	36
Figura 13 – Evolução dos tempos de setup do artigo M4x23.....	36
Figura 14 – Evolução dos tempos de setup do artigo M3,5x6,3.....	36

Capítulo 1 – Apresentação do projecto

Conteúdo:

1.1 Introdução

1.2 Objectivos

1.3 Apresentação da empresa e do processo produtivo

1.4 Estrutura do relatório

1. Apresentação do projecto

1.1 Introdução

Este projecto surge no âmbito da obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial. Trata-se de um projecto de nove meses em que a empresa acolhedora em conjunto com o estagiário tentam fazer frente a um problema existente e solucioná-lo.

1.2 Objectivos

A globalização veio colocar pressão sobre as empresas no sentido da necessidade de mudarem para sobreviver, porque, além do aumento elevado da concorrência, o perfil do consumidor também mudou, exigindo mais qualidade e variedade a um custo menor e em menos tempo.

Perante este cenário as empresas tiveram de aumentar a sua competitividade e rever a forma como conduziam os seus negócios e produziam os seus produtos.

Com a intenção de melhorar o atendimento ao cliente, a produtividade, a agilidade de processos, reduzir os desperdícios e aumentar a qualidade dos produtos, as empresas têm procurado desenvolver novas técnicas ou usar ferramentas já existentes.

A empresa acolhedora (3Marcos) depara-se com o problema de não fazer produções em massa, mas sim pequenas séries, o que origina a constante troca de ferramentas (setup) das máquinas e a consequente perda de tempo. Os tempos elevados de setup, além de representarem um custo considerável, comprometem a agilidade da empresa em relação a prazos de entrega.

Este projecto tem como objectivo geral desenvolver um modelo para a implementação da metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED). Tem como objectivo específico a redução dos tempos de setup na secção de

estampagem, mais concretamente na subsecção Dupla Pancada da empresa 3Marcos, através da utilização dos princípios do SMED.

1.3 Apresentação da empresa e do processo produtivo

A 3Marcos é uma empresa do ramo da indústria metálica que, através de conformação a frio, produz essencialmente parafusos, rebites e peças especiais, comercializando todo o tipo de acessórios da área da fixação.

A empresa é certificada em 1995 pela ISO 9001 e em 2004 pela ISO/TS 16949 (certificação para fornecimento da indústria automóvel), esta última a demarcar o rigor de todo o processo de fabrico da empresa.

É uma empresa com 100 trabalhadores organizados em dois turnos de produção.

A 3Marcos não produz para stock, segue a filosofia Just-In-Time (JIT), ou seja produz consoante a necessidade do cliente, mantendo apenas um stock mínimo no caso dos seus maiores clientes.

Actualmente a empresa atravessa uma reformulação dos espaços e dos processos, que visa aumentar a sua competitividade e eficiência produtiva.

A figura 1 apresenta o processo de fabrico da empresa desde o recebimento da matéria-prima até à obtenção do produto final pronto a entregar ao cliente.

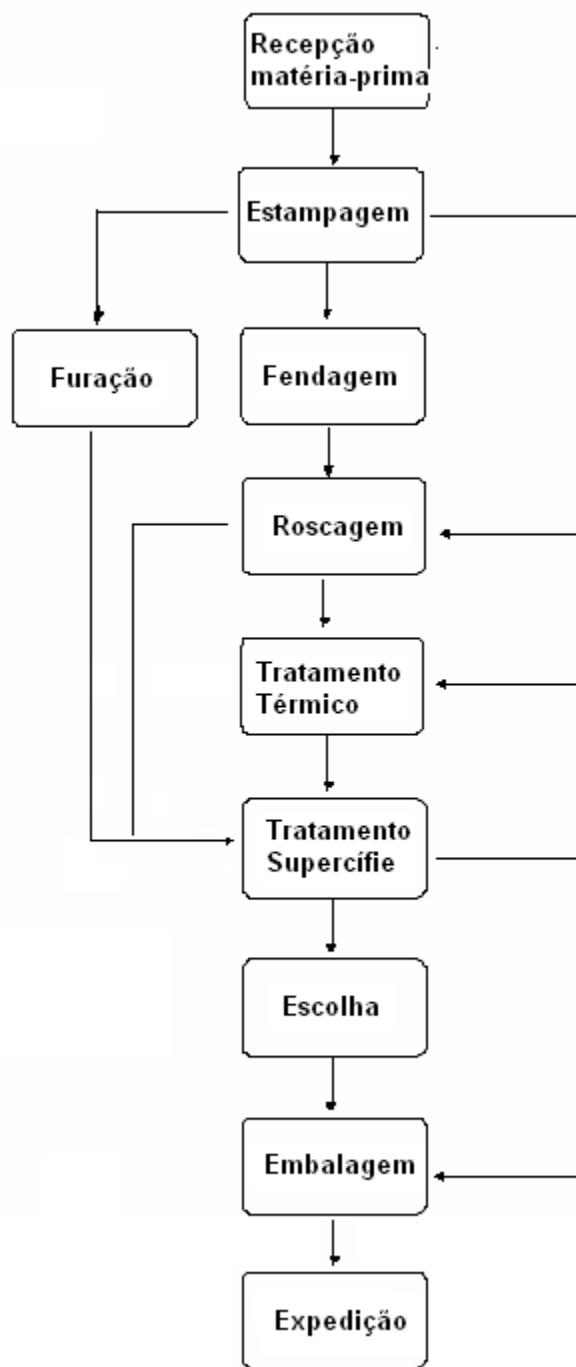


Figura 1 – Fluxograma do processo de fabrico

O processo de fabrico da 3Marcos resume-se aos seguintes passos:

- Recepção da matéria-prima - Toda a matéria-prima (MP) é recepcionada num armazém onde poderá ser verificada a qualidade da mesma. A MP utilizada na produção, o arame, pode ser de diferentes materiais (latão, aço, aço inox...) e de diferentes diâmetros, de forma a proporcionar um produto final com características variadas de acordo com a aplicação do mesmo.
- Estampagem - Esta operação consiste na conformação do material (MP), ou seja, na obtenção da forma do parafuso, rebite ou peça especial que se pretende.
- Fendagem - É uma etapa que se aplica quando o objectivo é obter um parafuso de cabeça fendada. Uma fenda é um corte na cabeça do parafuso realizado por uma máquina de fendar.
- Roscagem - Nesta operação é obtida a rosca do parafuso. Esta resulta de um processo de esmagamento obtido pelo movimento de um pente móvel sobre um pente fixo passando o parafuso entre eles.
- Tratamento térmico - Algumas peças necessitam de ter boas características mecânicas (dureza, por exemplo) e são tratamentos térmicos como têmpera e carbonitruração (este mais um tratamento termoquímico) que conferem ao parafuso essas características.
- Tratamento de superfície - Este tipo de tratamento confere ao parafuso, rebite ou peça especial a sua aparência física, bem como a protecção contra a corrosão, prolongando a sua vida útil.
- Escolha - Como em qualquer processo de fabrico algumas peças chegam ao fim do processo com alguns defeitos. Assim sendo é nesta secção que se faz, manual e automaticamente, a separação das peças com defeitos das

completamente boas, estas últimas que seguirão para o cliente. Todas as peças que passam por esta secção deverão ser identificadas como peças escolhidas a 100%.

- Embalagem - Colocação de uma quantidade certa de peças em diferentes caixas, para seguirem para o cliente.
- Expedição - Secção responsável por colocar o material atempadamente no cliente.

1.3.1 Processo de Estampagem

De seguida, será apresentada uma pequena descrição do funcionamento da secção de estampagem, dado que é sobre esse processo que incide o projecto.

A estampagem pode ser feita nas subsecções Dupla Pancada, Rebites e Multi-estações. Nas Dupla Pancada, as máquinas, como o nome sugere, necessitam apenas de duas pancadas para efectuarem a estampagem, na subsecção Rebites as máquinas podem efectuar até três pancadas e nas Multi-estações podem efectuar até quatro pancadas.

Nas máquinas de duas pancadas, o arame é puxado por intermédio de roldanas, passando na matriz de corte até chegar ao batente, sendo o cutelo que efectua o corte ao arame. De seguida e através de pinças, o arame é deslocado para a frente da matriz, sendo introduzida nesta pelo primeiro punção, efectuando-lhe a pré-cabeça, logo a seguir leva outra “pancada” desta vez efectuada pelo punção final, e a peça ganha o formato final, sendo retirada de dentro da matriz pelo extractor.

Como foi dito anteriormente, as diferenças entre o processo aqui descrito e o dos Rebites e das Multi-estações, estão no número de pancadas que as máquinas têm capacidade de fazer, podendo assim ser feitas peças de maior complexidade, que nunca se conseguiria fazer nas máquinas de dupla pancada. As máquinas das subsecções Multi-estações e Rebites, por sua vez, possuem um maior número de matrizes e punções, sendo a sua afinação também mais exigente e demorada. As figuras 2 e 3 apresentam exemplos das fases por que passa um artigo nas subsecções Dupla Pancada e Multi.estações, respectivamente.



Figura 2 – Exemplo das fases de um artigo na subsecção Dupla Pancada



Figura 3 – Exemplo das fases de um artigo na subsecção Multi-estações

1.4 Estrutura do relatório

Este relatório está estruturado em quatro capítulos.

O primeiro capítulo apresenta a introdução deste projecto, os objectivos, a apresentação da empresa e a estrutura do relatório.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, contendo uma breve descrição da filosofia JIT, uma descrição mais pormenorizada da metodologia SMED e apresenta também alguns trabalhos sobre redução de tempos de setup.

No terceiro capítulo descrevem-se as diferentes fases do desenvolvimento do projecto.

O quarto capítulo apresenta as conclusões referentes aos objectivos e aos resultados obtidos, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

Finalmente, apresentam-se as referências bibliográficas e os anexos.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica

Conteúdo:

2.1 A filosofia Just-In-Time (JIT)

2.2 Metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED)

2.3 Trabalhos sobre redução de tempos de setup

2. Fundamentação Teórica

2.1 A filosofia Just-In-Time (JIT)

A filosofia JIT surgiu no princípio dos anos 50 no Japão, tendo sido desenvolvida na Toyota Motor Company. Quando a Toyota decidiu apostar em grande no mercado de fabrico de carros, depois da Segunda Guerra Mundial, fabricava alguma variedade de modelos de veículos, necessitando de bastante flexibilidade para fabricar pequenos lotes com níveis de qualidade comparáveis aos conseguidos pelos fabricantes norte-americanos. O principal problema da Toyota no pós-guerra era como diminuir os custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos modelos de carros (Ohno, 1988). Esta filosofia de produzir apenas o que o mercado solicitava passou a ser adoptada pelos restantes fabricantes japoneses e, a partir dos anos 70, os veículos por eles produzidos assumiram uma posição bastante competitiva.

A definição de JIT foi se alterando ao longo do tempo. Começou por ser um método (Sugimori et al. 1977), mais tarde foi considerada como a absoluta eliminação de perdas (Ohno, 1988), e evoluiu para uma filosofia (Stasey, 1990).

A característica principal do JIT é a de produzir a partir da procura, produzindo-se em cada momento somente os produtos necessários, nas quantidades necessárias e no momento certo.

Embora se pense que o sucesso do sistema de gestão JIT seja intrínseco às características culturais do povo japonês, cada vez mais empresas americanas e europeias têm adoptado esta filosofia.

Tradicionalmente os stocks são considerados úteis por protegerem o sistema produtivo de perturbações que podem ocasionalmente levar à interrupção dos fluxos de produção.

Mas, se o conceito JIT for aplicado em todas as etapas do processo produtivo, não deverão existir stocks, eliminando-se os custos de armazenamento e de

inventário. Serão de esperar, também, ganhos de produtividade, aumento da qualidade e maior capacidade de adaptação a novas condições.

Podemos, desta forma, dizer que o sistema JIT tem como principal objectivo a melhoria contínua do processo produtivo, através de um mecanismo de redução de stocks, os quais tendem, muitas vezes, a camuflar problemas. Outros objectivos mais específicos são:

- Redução de *lead time*
- Redução de desperdícios
- Redução de custos
- Redução de lotes de fabrico
- Redução das movimentações dos materiais
- Redução de tempo com máquinas paradas
- Aumento da produtividade

A filosofia JIT é um fim, não um meio para atingir um fim (Shingo, 2000), por isso sem a compreensão das suas características, o JIT não faz sentido. As principais características do JIT são:

- O layout do processo de produção deve ser celular, dividindo-se os componentes produzidos em famílias, com determinadas gamas de operações de produção. Montam-se, desta forma, pequenas linhas de produção (células) de modo a tornar o processo mais eficiente, reduzindo-se a movimentação e o tempo consumido com a preparação das máquinas e equipamentos.
- A gestão da produção não deve aceitar erros, parando a linha de produção, se for necessário, até que os erros sejam eliminados.
- A produção deve basear-se em grupos de trabalho, com trabalhadores multifuncionais capazes de efectuar várias tarefas.

- A responsabilidade pela qualidade é transferida para a produção e é dado ênfase ao controlo da qualidade na origem, adoptando os princípios de controlo da qualidade total (a redução de stock e a resolução de problemas de qualidade formam um ciclo positivo de melhoria contínua).
- A redução dos tempos do processo é muito importante e serve como forma da empresa conseguir flexibilidade, visto que os tempos consumidos com actividades que não acrescentam valor ao produto devem ser eliminados, enquanto os tempos consumidos com actividades que geram valor ao produto devem ser utilizados de forma a maximizar a qualidade dos produtos produzidos.
- O fornecimento de materiais no sistema JIT deve ser uma extensão dos princípios aplicados dentro da fábrica, tendo por objectivos o fornecimento de lotes de pequenas dimensões, recebimentos frequentes e confiáveis, *lead times* curtos e altos níveis de qualidade.

O planeamento da produção do sistema JIT deve garantir uma carga de trabalho diária estável, que possibilite o estabelecimento de um fluxo contínuo dos materiais. O sistema de programação e controlo de produção está baseado no uso de "cartões" (denominado método *Kanban*) para a transmissão de informações entre os diversos centros produtivos.

O JIT possui também algumas características de carácter social relacionadas com a valorização do factor humano. Os grandes responsáveis pelo êxito ou pelo fracasso da implementação de um sistema JIT são, em última análise, os responsáveis departamentais e sectoriais. A eles cabe a missão de reduzir distâncias hierárquicas e criar um clima de participação efectiva de todos, assegurando o cumprimento dos objectivos em causa. Sem o interesse das pessoas, nenhum sistema, seja ele qual for, funciona.

O JIT apresenta as seguintes vantagens:

- Custos - O JIT procura reduzir ao mínimo os custos dos equipamentos, materiais e de mão-de-obra. Existe também uma redução significativa dos tempos de preparação (setup), além da redução dos tempos de movimentação.
- Qualidade - O JIT evita que os defeitos se propaguem ao longo do processo produtivo. O único nível aceitável de defeitos é zero, motivando a procura das causas dos problemas e das soluções que eliminem essas mesmas causas.
- Flexibilidade - Aumenta a flexibilidade de resposta da empresa, pela redução dos tempos envolvidos no processo e pela flexibilidade dos trabalhadores, que contribui para que o sistema produtivo seja mais flexível em relação às variações dos produtos. Através da manutenção de níveis de stocks muito baixos (ou nulos), um produto pode ser mudado sem que se origine muitos componentes obsoletos.
- Fiabilidade - A fiabilidade das entregas é aumentada através do ênfase na manutenção preventiva e da flexibilidade dos trabalhadores, o que torna o processo produtivo mais robusto. As regras do *Kanban* e o princípio da visibilidade permitem identificar rapidamente os problemas que poderiam comprometer a fiabilidade, permitindo a sua imediata resolução. Também o baixo nível de stocks e a redução dos tempos permitem que o ciclo de produção seja mais curto e o fluxo mais rápido.

Porém o JIT também apresenta algumas desvantagens. Algumas serão descritas de seguida.

- Não se adapta perfeitamente à produção de muitos produtos diferentes, pequenas séries de vários artigos, pois, em geral, isto requer uma extrema

flexibilidade do sistema produtivo, em dimensões que não são possíveis de obter com a filosofia JIT.

- Algumas culturas relacionam-se melhor com o JIT do que outras (relembrar que o JIT surgiu na cultura japonesa). Assim, por motivos culturais pode ser difícil para as empresas mudarem num período curto de tempo.
- A gestão pode não estar totalmente empenhada ou não estar disposta a dedicar os recursos necessários para a conversão.
- Operadores e/ou gestão podem não ter espírito cooperativo, e o JIT tem como base a cooperação.
- A gestão pode resistir à conversão porque o JIT transfere a responsabilidade da gestão para os operadores e dá aos operadores maior controlo sobre o trabalho. Por outro lado, os operadores podem resistir à conversão devido ao aumento de responsabilidade e de stress.
- Existe o risco da produção ser interrompida devido à falta de stocks, causada por exemplo por greves.
- Um problema numa secção da empresa afecta todas as outras secções, devido a não existir stocks intermédios.
- Os fornecedores podem não estar interessados em compromissos a longo prazo com a empresa.
- A empresa necessita de ter os seus fornecedores próximos, para que as entregas por eles efectuadas sejam de pequenas quantidades com recebimentos frequentes, o que nem sempre é possível.

2.2 Metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED)

A metodologia SMED tem como objectivo a redução dos tempos de mudança de ferramentas, ou setup, como vulgarmente se denomina, utilizando a expressão de origem inglesa.

O setup é o processo de mudança da produção de um produto para outro, na mesma máquina ou equipamento, que exija troca de ferramentas ou dispositivos. A partir dessa definição entende-se que o setup deve englobar todas as actividades que acontecem imediatamente após se iniciarem os procedimentos para a troca de um produto. O tempo de troca, dessa forma, é medido pelo intervalo de tempo compreendido entre a última unidade produzida no ciclo acabado de concluir e a primeira unidade com qualidade do ciclo seguinte.

Tempos elevados de setup, além de representarem um custo considerável, comprometem a agilidade da empresa em relação à entrega, à possibilidade de assumir novos pedidos ou mesmo de conquistar novos mercados, permitindo assim uma acção agressiva da concorrência. Assim, torna-se essencial definir o que é setup e quais as actividades nele envolvidas para se poder actuar no sentido de reduzir o tempo despendido nessas actividades.

O sistema SMED teve como mentor Shigeo Shingo e foi desenvolvido em três momentos distintos (Shingo, 1985). O primeiro passo aconteceu em 1950 na empresa Toyo Kogyo's Mazda em Hiroshima, quando Shingo conduziu um estudo nessa empresa que produzia, na altura, veículos de três rodas. O trabalho consistia em efectuar uma melhoria de eficiência nas prensas aí existentes. Logo após três dias, ao observar uma troca de ferramenta numa prensa de 800 toneladas surgiu um problema, faltava um parafuso na matriz que iria ser colocada. Após uma busca prolongada, um novo parafuso teve de ser fabricado, consumindo uma hora e meia para esse efeito.

Nesse momento Shingo percebeu que toda a operação de setup tem dois aspectos: um interno e um externo.

O setup interno consiste na fase que ocorre com a máquina parada, como colocar ou retirar uma matriz. O setup externo consiste na fase que pode ser executada enquanto a máquina está em funcionamento, como o transporte das ferramentas tanto para a máquina como para o local onde ficam guardadas (Shingo, 1985).

A segunda experiência aconteceu sete anos depois na Mitsubishi Heavy Industries, também em Hiroshima. Havia nessa empresa uma grande mesa de nivelamento utilizada para fazer as marcações para a usinagem dos motores a diesel, que estava a trabalhar muito abaixo da sua capacidade produtiva. Shingo preparou uma mesa de nivelamento extra para efectuarem as marcações. Isso melhorou drasticamente a taxa de operação da máquina. Esta foi a primeira vez que Shingo converteu setup interno em externo.

O derradeiro passo ocorreu em 1969 na Toyota Motor Company, onde foi proposto a Shingo reduzir o tempo de setup numa prensa de 1000 toneladas. A mudança de ferramenta demorava quatro horas e o objectivo era demorar menos de duas horas, valor este que já era praticado na Volkswagen numa prensa similar.

Shingo demorou seis meses a separar o setup interno do externo e a melhorar cada um dos seus elementos, mas no fim desse tempo conseguiu reduzir o tempo de mudança de ferramenta para uma hora e meia.

Após um mês foi redefinido o objectivo, agora pretendia-se que o tempo fosse três minutos. Shingo pensou que era impossível, tinha demorado seis meses a reduzir de quatro para uma hora e meia, mas lembrou-se da melhoria feita na Mitsubishi, convertendo o setup interno em externo. Assim aplicou esse mesmo conceito e no espaço de três meses reduziu a mudança de ferramenta para três minutos (Shingo, 1996).

Shingo disse haver esperança de que qualquer setup possa vir a ser reduzido para menos de dez minutos, chamando a este conceito Single Minute Exchange of Die (SMED).

2.2.1 Fases conceptuais do SMED

Segundo Shingo (1985) a metodologia SMED está dividida em quatro fases, que se descrevem a seguir.

- Fase inicial - Os setups internos e externos confundem-se.
Nesta fase preliminar, não é feita nenhuma distinção entre setup interno e externo. Muitas acções que poderiam ser realizadas como setup externo, como, por exemplo, procurar as ferramentas, são executadas com a máquina parada. Isso aumenta desnecessariamente o tempo de preparação.
- Fase 1 - Separar o setup interno e externo.
Esta fase é muito importante na implementação do SMED. Ela implica a separação das operações de setup interno e externo. Deve-se criar uma lista de verificação que inclua todas as peças, condições de operação e medidas que tenham que vir a ser tomadas enquanto a máquina estiver a funcionar.
- Fase 2 - Converter setup interno em externo.
Esta fase consiste em realizar uma análise à operação de setup actual para determinar se existe alguma actividade de setup interno que pode ser convertido em externo. Por exemplo, pedir antecipadamente o material necessário para o setup, em vez de pedir só quando já se está a mudar a ferramenta, ou seja com a máquina parada.
- Fase 3 - Racionalização das operações de setup.
Esta fase pode ser realizada em simultâneo com a anterior e tem como principal objectivo estudar oportunidades de racionalizar ao máximo as operações de setup, tentando eliminá-lo.

2.2.2 Técnicas para aplicação do SMED

Após vários anos de experiência em estudos relacionados com o SMED, Shingo (1985) desenvolveu algumas técnicas práticas que actuam nas quatro fases do SMED e que são fundamentais para a sua aplicação.

- Fase inicial - Nesta fase, um setup pode ser encarado como uma tarefa muito árdua, pois problemas como as ferramentas e os acessórios estarem longe das máquinas, não existirem carros para as transportar e uma série de outros problemas são muito comuns e contribuem para retardar o processo. A principal técnica desta fase é obter um forte envolvimento da gestão da empresa e dos engenheiros de produção. Estes geralmente cometem o erro de delegar essas tarefas aos operários esperando que eles consigam resolver o problema. De acordo com Shingo (1985) esta é uma atitude que constitui certamente uma das principais razões pelas quais, até pouco tempo atrás, não surgiam progressos nas melhorias dos tempos de setup.
- Fase 1 - As técnicas aqui usadas devem garantir que as operações que podem ser executadas como setup externo sejam, de facto, realizadas somente quando a máquina está em funcionamento. Algumas dessas técnicas são:
 - Criar uma lista de todos os passos e peças necessárias numa operação, devendo esta lista incluir os nomes, as especificações, números de ferramentas e outras afinações.
 - Verificar se todos os componentes inseridos na lista estão no sítio correcto e se estão a funcionar devidamente.
 - Melhorar o transporte de ferramentas e outros componentes, devendo estes transportes ocorrer durante o setup externo. Havendo processos em que tal só é possível no setup interno, esses devem ser minimizados.
- Fase 2 - As técnicas seguintes ajudam a converter setup interno em setup externo:

- Padronização de funções, de tamanho de acessórios, de ferramentas, etc.
 - Preparação antecipada das condições operacionais, pois existem operações de setup originalmente internas que podem ser previamente preparadas, possibilitando a redução do seu tempo ou até mesmo a conversão para setup externo.
- Fase 3 - Nesta fase, pretende-se melhorar ou, se possível, eliminar operações, quer de setup interno quer de externo, seguindo as seguintes técnicas:
 - Melhorias radicais nas operações de setup externo que são realizadas perto da máquina, como armazenagem e movimentação dos componentes e ferramentas, organização e limpeza de estantes onde estes são guardados, etc.
 - Melhorias radicais nas operações de setup interno, usando técnicas que levem à eliminação das mesmas ou, pelo menos, a que sejam executadas facilmente por um operador inexperiente. Essas técnicas são:
 - Operações paralelas - uma operação realizada por um operador demora 20 minutos, mas se for realizada por dois operadores, não demora necessariamente 10 minutos, mas talvez 7 ou menos, porque normalmente existe uma grande economia nas movimentações necessárias.
 - Utilização de fixadores funcionais - são dispositivos que servem para prender objectos num determinado lugar com o mínimo esforço possível.
 - Eliminação de ajustes, alteração de acessórios que levem à eliminação do ajuste, ou fazendo com que seja possível qualquer pessoa realizá-lo.

À medida que os conceitos do SMED vão sendo aplicados na empresa, uma série de resultados começam a surgir, segundo Shingo (1985). Alguns desses resultados podem ser:

- Redução do *lead-time*.
- Redução de stocks.
- Redução do tempo de produção de um lote.
- Redução do número de operações especializadas, devido à simplificação das operações.
- Aumento da flexibilidade produtiva.
- Aumento de segurança, pois um setup mais simples equivale a operações mais seguras.
- Aumento da capacidade produtiva.

2.3 Trabalhos sobre redução de tempos de setup

Neste ponto cita-se uma série de trabalhos realizados em diferentes sectores da indústria baseados no SMED e na redução de tempos de setup.

Alguns deles propõem modelos matemáticos para solucionar determinados tipos de problemas e outros são casos da aplicação bem sucedida da metodologia SMED. Estes trabalhos, além de apresentarem várias linhas de pensamento sobre este assunto, servem também como base bibliográfica para este projecto.

Banerjee et al. (1996) investigam uma solução para o problema ELSP (Economic Lot Scheduling). Através do desenvolvimento de um modelo económico que tenta responder a um problema comum a quase todas as empresas industriais: planear o que produzir, quando produzir e quanto produzir.

O modelo tem em conta a produção de vários artigos numa única máquina e tem como objectivo a minimização dos custos totais ocorridos, tais como os de setup, os de armazenamento e os de produção. A redução dos tempos de setup é permitida recorrendo a investimento em tecnologia.

O modelo envolve assim a determinação simultânea dos tamanhos de lote de cada produto, da calendarização de produção e do montante a investir em tecnologia (para permitir redução dos tempos de setup), para cada produto.

Na linha de orientação de investimentos ideais para a produção, Hong et al. (1996) estudam três políticas distintas de produção, para determinar qual delas é que apresenta melhores resultados em termos de redução do tempo de setup e qual delas requer maiores níveis de investimento.

Foram realizados vários cálculos numéricos e os resultados obtidos foram, resumidamente:

- Política 1 - Produção orientada pela quantidade: apresenta um custo total alto, mas obtêm-se a melhor redução do tempo de setup e do tamanho de lote.
- Política 2 - Ciclo de produção e quantidade variável: apresenta menor custo total, porém requer maiores investimentos em tecnologias para a redução de setup.
- Política 3 - Ciclo de produção fixo e quantidade variável: apresenta um nível intermédio entre as duas análises anteriores.

O trabalho apresentado por Affisco et al. (2002), tem em conta a importância de programas de desenvolvimento com fornecedores para a melhoria da qualidade, com o objectivo implícito de reduzir o setup. Três modelos são apresentados:

1. Investimento em melhoria de qualidade.
2. Investimento em redução de tempo de setup.
3. Investimento em ambos (em melhoria de qualidade e em redução de tempo de setup).

Através de resultados numéricos, os autores comprovam que os três modelos apresentam reduções significativas nos custos totais, mas o modelo de investimento em ambos é de longe o que leva a uma maior redução de custos. Este modelo também leva a uma significativa redução do tamanho do lote. Os autores referem que, no âmbito da melhoria contínua, o investimento em redução de setup e em melhoria da qualidade deve ser realizado em simultâneo.

Na literatura científica, os trabalhos sobre a aplicação de SMED são escassos, destacando-se o trabalho de Trovinger e Bohn (2005). Estes autores demonstram que é possível a aplicação da metodologia SMED para além das situações em que ela foi desenvolvida, ou seja, noutras indústrias distintas daquela em que Shingo a desenvolveu. Demonstram também que o uso de novas tecnologias de informação como a internet sem fios, base de dados, terminais de leitura de códigos, aliadas à implementação da metodologia SMED, podem ser usados para casos mais complexos onde as técnicas de senso comum sugeridas por Shingo não são suficientes.

Com base no SMED e no uso de novas tecnologias de informação (necessário nos casos onde se têm inúmeros componentes para a realização do setup e onde as técnicas sugeridas pelo Shingo, tais como diferenciação por cores falham), conseguiram reduzir o tempo total de setup de 158 para 24 minutos, ou seja cerca de 85% de redução de tempo de setup, o que originou uma poupança de cerca de \$1.7 milhões por ano.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projecto

Conteúdo:

- 3.1 Consciencialização da importância do projecto junto dos operadores da subsecção Dupla Pancada
- 3.2 Formação da equipa de trabalho
- 3.3 Conhecer os tempos actuais de setup e estabelecer uma meta
- 3.4 Aplicação das técnicas de SMED
- 3.5 Verificação periódica dos resultados
- 3.6 Resultados finais do modelo proposto

3. Desenvolvimento do projecto

Neste capítulo pretende-se apresentar um modelo para a implementação do SMED na empresa 3Marcos, mais especificamente na subsecção Dupla Pancada da secção estampagem. Na literatura não foi encontrado nenhum modelo sobre a implementação desta ferramenta em empresas do mesmo ramo, no entanto, o que se estudou sobre SMED e sobre o processo produtivo é suficiente para tentar a implementação.

O modelo proposto, apresentado na figura 4, inicia-se com a etapa de *Consciencialização da importância do projecto junto dos operadores da subsecção Dupla Pancada*, onde se pretende em “primeira mão” deixá-los cientes do projecto que será realizado e das facilidades operacionais que este traz para os operadores que trabalham naquela subsecção.

Uma vez concluída a primeira etapa, a etapa seguinte será a *Formação da equipa de trabalho*, que será a responsável pela implementação dos conceitos.

Com a equipa formada, a etapa seguinte é a de *Conhecer os tempos actuais de setup e estabelecer uma meta*. Trata-se de um levantamento realizado pela equipa de trabalho que visa conhecer os tempos necessários para se efectuar um setup e a partir destes tempos, definir-se uma meta a atingir.

Conhecidos os números actuais e a meta, inicia-se a etapa de *Aplicação das técnicas de SMED*, onde a equipa de trabalho fará uso da sua experiência profissional e, principalmente, da revisão bibliográfica e das técnicas sobre o SMED desenvolvidas por Shingo, apresentadas no capítulo 2.

Após a aplicação das técnicas, faz-se uma avaliação que questiona se a *Redução do tempo de setup atingiu a meta* estabelecida? Caso a resposta seja negativa, a equipa retorna à etapa de *Aplicação das técnicas de SMED*, caso a resposta seja positiva, segue-se para etapa de *Padronização* que tem o objectivo de padronizar todas as operações envolvidas no setup.

Na etapa de *Verificação periódica dos resultados*, verifica-se o tempo de execução do setup a fim de se constatar se o mesmo se mantém regular e abaixo da meta estabelecida.

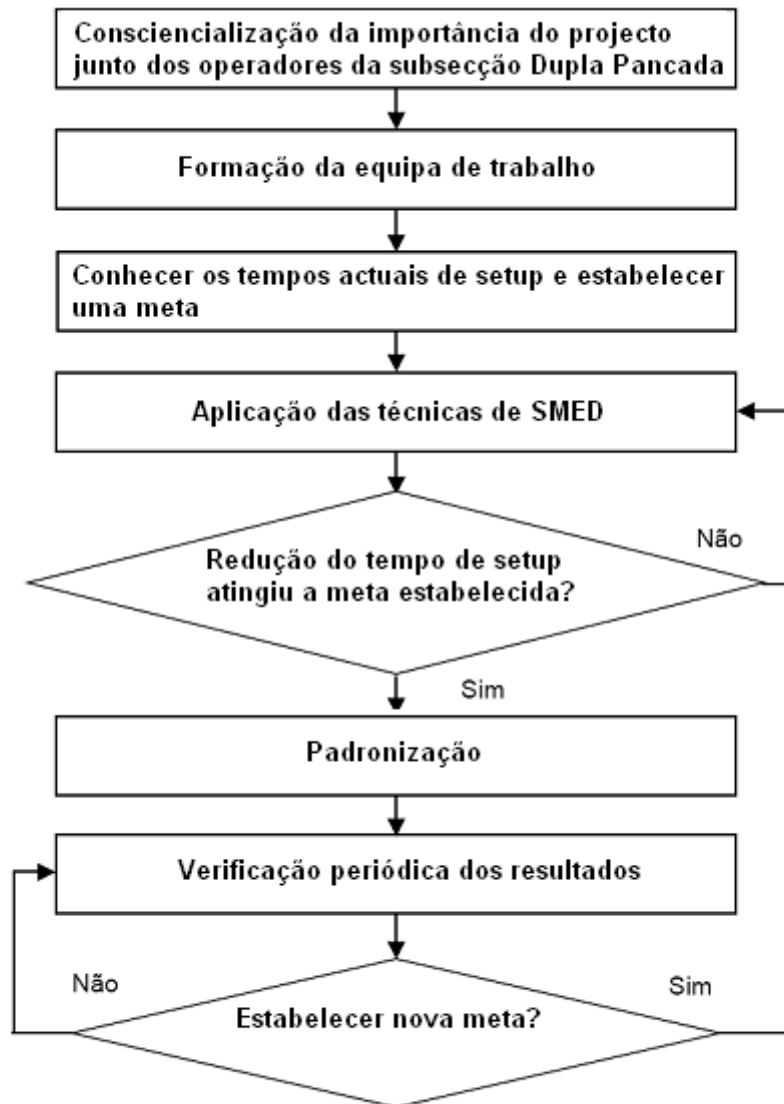


Figura 4 – Fluxograma do modelo proposto

Nos pontos seguintes descreve-se com mais detalhe as várias etapas do modelo proposto.

3.1 Consciencialização da importância do projecto junto dos operadores da subsecção Dupla Pancada

Nesta etapa, o intuito é deixar os operadores cientes dos trabalhos que estão a ser realizados à sua volta. É normal que os operadores fiquem inseguros, receosos ou desconfiados, quando estão a ser observados e cronometrados, caso não saibam exactamente qual o objectivo do estudo. Tais factos podem prejudicar o bom andamento do projecto.

Outro ponto importante nesta conversa é expor as vantagens que serão adquiridas pela empresa em que eles trabalham, já citadas anteriormente, assim como outras vantagens que dizem respeito directamente à rotina de trabalho dos operadores, tais como:

- Aprender um novo conceito de trabalho
- Melhorar a execução das operações de *setup*
- Aumentar a produtividade
- Melhorar o ambiente de trabalho
- Evitar o desgaste físico
- Melhorar a qualidade de vida

Desta forma, pretende-se, esclarecendo os objectivos e as vantagens deste trabalho, obter uma maior cooperação possível por parte dos operadores.

No caso particular deste projecto, os operadores de início apresentaram-se um pouco desconfiados, mas com o decorrer do projecto foram-se libertando, acabando por eles próprios darem sugestões sobre como se poderia tentar melhorar o processo de *setup*.

3.2 Formação da equipa de trabalho

Uma vez concluída a primeira etapa, é formada a equipa de trabalho que irá implementar o projecto. Esta equipa deverá reunir pessoas com vasto conhecimento e experiência do processo produtivo, e que sejam respeitados pelos operadores da subsecção onde se irá desenvolver o projecto.

Neste projecto, os elementos da equipa são:

- Director de produção
- Estagiário
- Responsável da subsecção Dupla Pancada

3.3 Conhecer os tempos actuais de setup e estabelecer uma meta

Uma mais-valia para este projecto é a existência de uma base de dados, onde são registados os tempos de setup. Esses valores são registados desde o início de 2006, existindo, assim, um histórico fiável dos tempos anteriormente praticados.

Deve-se salientar que, por vezes, o setup efectuado na máquina não é completo, ou seja, não existe a necessidade de mudar toda a ferramenta da máquina. Isto acontece, por exemplo, em artigos com o mesmo diâmetro da matéria-prima, as roldanas não têm que ser mudadas. E por exemplo em parafusos com a mesma cabeça mas de comprimentos diferentes, só existe a necessidade de mudar a matriz.

Estas poupanças são possíveis através de um bom planeamento das máquinas, originando valores de tempos de setup muito variáveis, pois nem sempre é necessário efectuar uma mudança completa, que como é perceptível, demora mais tempo.

Para calcular a média dos tempos de setup anteriormente praticados, usaram-se todos os valores desde o início de 2006 até final de 2007, altura em que o modelo começou a ser colocado em prática. Foram contabilizadas 365 recolhas de tempo de setup, as quais resultaram numa média de 2,68 horas (161 minutos). Na figura 5 são apresentados alguns desses tempos.

Antes da implementação do projecto

Codigo	Ordem de fabric	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Maq.	Quant. prod	Mud. de ferram
64536352705108	07-00925	10	PF LT CL PH C9.5 8/32*50 8PQ	20-11-07	23-11-07	115	114.000	1,5
64536220402507	07-00924	10	PF AGL CL INOX 4x25 POL	20-11-07	23-11-07	74	120.000	2
65717074201602	07-01166	10	PF PK F/A PH 4,2x16 Z/B	21-11-07	22-11-07	11	110.000	2,5
67829400301107	07-01167	10	REB MAC AL CC C/ENT 3*10,5 P	22-11-07	27-11-07	69	460.000	2
61732070602000	07-01248	10	PF SLD 8,8 C/E M6x20 PAS	22-11-07	27-11-07	10	225.000	1
64536224804500	07-00923	10	PF INOX CL R/P 10/16x44,5 POL	23-11-07	26-11-07	74	52.000	2,5
61944070600910	07-00813	10	RB MAC AC CC 6x8,5 NIQ	26-11-07	27-11-07	71	40.000	2,15
61929076301031	07-00980	10	P8703403013 D/7981 BZ 6,3X9,5	26-11-07	29-11-07	73	254.000	2,5
61929074200702	07-01145	10	P8703403080 D/7981 BZ 4,2x6,5	27-11-07	28-11-07	11	130.000	1,5
94536222804107	07-00987	10	PF INOX CE PH 10/24x41,2 PL	28-11-07	30-11-07	74	85.000	2
61371090601203	07-00911	10	PF CL S/INT 10,9 M6x12 Z/A	05-12-07	09-11-07	73	125.000	1,5
61944070501035	07-00834	10	RB MAC CC 5x10 ZP TRIVAL	06-12-07	15-12-07	71	296.000	3
66242070601538	07-01328	10	PF AC CE TORX M6x15 ZN PR	06-12-07	18-12-07	74	285.000	6
61929050501231	07-01271	10	P8743401002 D/7985 M5x12 ZB	06-12-07	11-12-07	127	220.000	1,5
81110402700800	07-01334	10	RB MAC AL CC 2,7x7,9 pol	13-12-07	15-12-07	69	245.000	2
62502074201334	07-01356	10	PF PK CC BZ 4,2x13 ZN INC	13-12-07	13-12-07	72	6.000	1,5
61575050301602	07-01097	10	PPF 3530 AC CC/PH M3x16 ZB	13-12-07	14-12-07	11	83.000	1,5
64536072507602	07-00922	10	PF AC CE RM 10x76 Z/B	14-12-07	14-12-07	73	20.000	2
63555050805002	07-01267	10	PF AC C MEN C/FRIZ M8X50 Z	14-12-07	15-12-07	68	75.000	2
61575050321003	07-01308	10	PPF 3323 CC M3X10 C/ENT Z/A	17-12-07	17-12-07	68	75.000	1,5
66928070802031	07-01066	10	PF SLD M8X20 ZB TRIVALENTE	17-12-07	17-12-07	73	1.000	2,5
61406055301200	07-01228	10	RB MAC CC/9,5 5,25x12 LAV	18-12-07	18-12-07	74	26.000	2,5
64536050503502	07-01349	10	PF CC 7,9MM 5,8 M5x35 Z/B	19-12-07	20-12-07	127	65.000	3
61575050305502	07-01260	10	PPF 3091 CC SIS M3x55 ZB	19-12-07	03-01-08	115	270.000	2,25
64063073901602	07-01361	10	PF PK CC PH 3,9x16 mm	20-12-07	20-12-07	11	82.000	3
61324352830600	07-01337	10	REB MAC LT 4 MM 2,8x6 mm	20-12-07	21-12-07	68	78.000	2
							MÉDIA	2,68

Figura 5 – Exemplo de algumas recolhas de tempos de setup antes da implementação

Como a metodologia SMED defende que é possível reduzir o tempo de setup de horas para minutos (de um só dígito), a equipa de trabalho definiu um plano de redução do tempo de setup a longo prazo, ou seja, numa óptica de melhoria contínua, ir implementando o modelo, verificando os valores e definindo sempre novas metas mais audaciosas a atingir. As metas a atingir seriam sempre próximas dos valores praticados para uma maior motivação dos envolvidos, e sempre que fossem atingidas seriam revistas.

Segundo Shingo, a transformação do maior número possível de operações internas em operações externas conduz a reduções entre 30% a 50% no tempo de setup. Na primeira e segunda fase da implementação do projecto pretendeu-se essencialmente identificar quais as operações externas e quais as internas e converter o máximo de internas para externas, daí a equipa de trabalho ter proposto como primeira meta a atingir, em média, que a duração do setup deveria ser inferior a 2 horas, correspondendo a mais ou menos a uma redução de 25%.

Numa terceira fase pretende-se analisar cada operação (interna e externa) questionando se aquela é a melhor forma de a realizar ou se a operação é realmente necessária. Posteriormente é feita a racionalização das operações que realmente sejam necessárias.

3.4 Aplicação das técnicas de SMED

Esta etapa é sem dúvida a mais importante e tem como alicerces as fases conceptuais do SMED sugeridas por Shingo.

- Fase inicial: Os setups internos e externos confundem-se.
- Fase 1: Separar o setup interno e externo.
- Fase 2: Converter setup interno em externo.
- Fase 3: Racionalização das operações de setup.

Na fase inicial, através da observação e cronometragem, ficaram-se a conhecer detalhadamente as actividades envolvidas e as suas percentagens de tempo na operação de setup, tal como mostra a figura 6. Nessa altura não existia distinção entre setup interno e externo, todo o setup era realizado como interno, ou seja, com a máquina parada.

Foram acompanhadas dez operações de setup e foram medidos os tempos de cada uma das actividades, tendo posteriormente sido calculadas as percentagens de cada actividade na operação de setup.

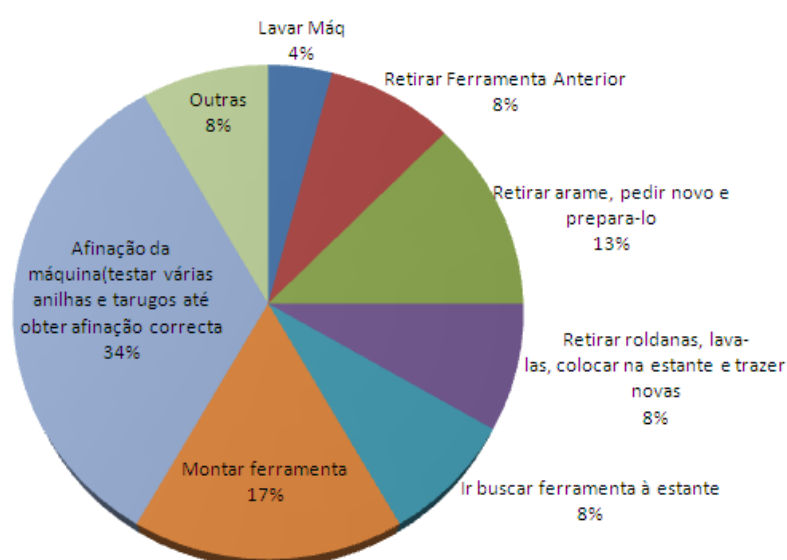


Figura 6 – Percentagem de tempo das várias actividades realizadas no setup (antes da implementação do projecto)

Como se pode constatar, onde se perdia mais tempo era na operação de afinação das ferramentas *punção final*, *pré - cabeça* e *matriz de estampar*, operação em que se tinha de escolher o enchimento a dar a cada uma das ferramentas. O operador perdia muito tempo a medir e a testar cada uma das hipóteses que pensava que daria o enchimento pretendido.

Existiam operações, como retirar ferramenta, montar ferramenta, lavar máquina, que não se podiam eliminar, só melhorar, no entanto, outras como ir buscar a ferramenta à estante podiam ser convertidas em setup externo, ou seja, serem realizadas com a máquina em funcionamento e, portanto, não ser contabilizadas no tempo de setup. De seguida apresentar-se-á mais ou pormenor algumas dessas alterações.

A fase 1 e 2 foram executadas quase em simultâneo. A fase 1, após a observação de várias mudanças de ferramenta, consistiu na distinção do setup interno do externo.

Na fase 2, foi elaborada uma instrução de mudança de ferramenta, que indica a ordem e a forma como o operário deve efectuar o setup, de maneira a minimizar as operações de setup interno. Este documento é apresentado no Anexo 1. Seguindo os passos dessa instrução, é possível preparar antecipadamente as condições necessárias para a realização do setup, como por exemplo, o operador em vez de pedir o arame para a próxima ordem de fabrico (O.F.) depois de ter terminado a anterior e de ter a máquina parada, passa a pedir enquanto está a produzir a O.F. anterior, passando-se o mesmo com as ferramentas e com a preparação delas. Pode-se verificar essas conversões de setup interno para externo através das figuras 7 e 8, onde a figura 7 demonstra como o setup era efectuado antes da implementação e a 8 após a implementação.

1. Lavar a máquina
2. Retirar ferramenta anterior
3. Retirar o arame, se for diferente do arame da próxima O.F.
4. Pedir o arame da próxima O.F.
5. Preparar o arame
6. Retirar as roldanas da máquina
7. Ir buscar à estante as novas roldanas, lavar as anteriores e colocar na estante
8. Ir buscar à estante as novas ferramentas
9. Ir buscar à estante as ferramentas de apoio, i.e. anilhas e tarugos]
10. Montar as novas ferramentas
11. Afiinação do corte
12. Afiinação da matriz (testar várias anilhas e tarugos até obter a afinação correcta)
13. Afiinação do pré-cabeça (testar várias anilhas e tarugos até obter a afinação correcta)
14. Afiinação do punção final (testar várias anilhas e tarugos até obter a afinação correcta)
15. Arrumar as ferramentas de apoio na estante
16. Preenchimento dos papéis de seguimento de produção
17. Registo no computador, plano de controlo estatístico

Nota: Todas estas operações eram efectuadas com a máquina parada, i.e. em setup interno

Figura 7 – Ordem pela qual as operações de setup eram efectuadas anteriormente

- **Antes de acabar uma produção (O.F.), o operador deve efectuar os seguintes passos:**
 1. Pedir ferramenta para a próxima produção.
 2. Pedir arame para a próxima produção.
 3. Verificar se a ferramenta está pronta a funcionar.
 4. Colocar no carro a ferramenta de apoio e a ferramenta do artigo (ex: anilhas, tarugos, roldanas e cames).

- **Quando a produção (O.F.) terminar, o operador deve efectuar os seguintes passos:**
 1. Lavar a máquina.
 2. Retirar ferramenta anterior.
 3. Retirar o arame, caso seja diferente do arame da próxima produção (O.F.).
 4. Preparar o arame.
 5. Trocar as roldanas.
 6. Executar a montagem de acordo com a lista de ferramentas do artigo.
 7. Montar e afinar o corte.
 8. Montar e afinar a matriz.
 9. Montar e afinar do pré – cabeça.
 10. Montar e afinar do punção final.

- **Após terminado o “SETUP” e depois de iniciada a produção em série, o operador deve realizar os seguintes passos:**
 1. Lavar as roldanas e arrumar na estante.
 2. Arrumar ferramenta na estante.
 3. Arrumar anilhas e tarugos.
 4. Preencher os documentos de produção.
 5. Efectuar o plano de controlo no computador

Nota: Nos pontos 8, 9 e 10, se anteriormente já se efectuou esse produto já não se perde tempo a testar os enchimentos correctos, porque guardou-se essa informação.

Figura 8 – Ordem pela qual as operações de setup são efectuadas actualmente

Foi também criado um documento que engloba toda a ferramenta necessária por produto (gama de ferramenta). Esta informação foi introduzida na base de dados da empresa.

Este documento acompanha a O.F. de um determinado produto, e para além da redução dos tempos, evitam-se erros na escolha das ferramentas para o fabrico desse produto. Este documento provisório é apresentado no Anexo 2.

Numa fase posterior, e tendo em conta que se perdia algum tempo na afinação das ferramentas *punção final, pré - cabeça e matriz de estampar*, onde se tinha de escolher o enchimento a dar a cada um deles, recolheram-se os valores dos enchimentos por produto a fabricar associados à máquina em que são efectuados. Essa informação foi depois introduzida na base de dados da empresa, de forma a ser apresentada na O.F., evitando que os operadores percam tempo na escolha desses enchimentos.

Uma cópia do documento final que acompanha a O.F., contendo a informação relativa às ferramentas e enchimentos é apresentada no Anexo 3.

Foram também introduzidas melhorias consideráveis no transporte das ferramentas, com a inclusão de um carrinho (apresentado na figura 7), que transporta toda a ferramenta de uma só vez desde a estante até à máquina, em vez de o operador ter de fazer várias viagens da máquina à estante.



Figura 9 – Carrinho utilizado para transportar as ferramentas da estante até à máquina

Na fase 3, começou-se por marcar nos enchimentos as suas medidas, de forma a tornar mais fácil a procura para os operadores. De seguida organizou-se o interior das gavetas onde esses enchimentos estão colocados, ordenando-os por tipo de ferramenta e por tamanhos.

Por fim, organizou-se a estante onde se encontram essas gavetas, ordenando-as pelo número das máquinas. Na figura 8 são apresentadas essas alterações.



Figura 10 – Organização da estante onde se encontra a ferramenta de apoio das máquinas

Nesta fase também se alteraram alguns fixadores (parafusos) nas máquinas, com o intuito do operador não ter de utilizar várias chaves no momento do setup, ou seja, em vez de se terem parafusos que precisam de chaves diferentes para o aperto e desaperto é utilizada uma só chave para todos os parafusos.

3.5 Verificação periódica dos resultados

Como anteriormente foi referido, o tempo médio de setup na fase inicial situava-se nas 2,68 horas. Durante todo este projecto, sempre que se introduzia uma melhoria usando os princípios do SMED, o tempo de setup era medido e comparado, com o tempo inicial, para se avaliar a evolução dos resultados.

3.7 Resultados finais do modelo proposto

Como o estágio teve a sua conclusão no final de Maio de 2008, não foi possível concluir o modelo proposto. Porém, mesmo sem a sua conclusão, os valores obtidos são vantajosos, pois foi possível reduzir o tempo de setup em cerca de 33%. Reduziu-se de 2,68 horas (164 minutos), que se demorava em média antes da implementação, para 1,79 horas (108 minutos).

Estas melhorias deveram-se essencialmente à conversão das operações internas para as externas, visto não ter existido mais tempo para incidir a fundo na terceira fase proposta pela metodologia do Shingo, a racionalização das operações de setup. Os resultados obtidos são promissores, porque se considerarmos que os operadores tiveram muito pouco tempo para assimilar uma forma nova de efectuarem o setup, e que por vezes por força de hábito, ainda se esquecem e efectuam algumas operações da forma errada (antiga), leva a concluir que os resultados quando esta forma estiver completamente enraizada serão muito satisfatórios.

Outro entrave à melhoria dos tempos de setup foi a não existência de registo das medidas de enchimento de todos os artigos, ou seja, conforme se vai produzindo os artigos é que se vai retirando as medidas de enchimento, porque a rotatividade de alguns artigos é diminuta. Existindo poucos artigos que durante o tempo do

projecto foram produzidos em que já se sabia as medidas dos enchimentos, e mesmo os que já se sabia poderiam ser para uma outra máquina.

Para o cálculo da média dos tempos de setup no final do estágio, usaram-se todos os registos da base de dados desde o início de 2008, num total de 118 registos. Na figura 11 apresentam-se alguns exemplos dos tempos de setup no final do estágio.

Codigo	Ordem de fabric	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Maq.	Quant. prod.	Mud. de ferram
64462222401207	08-00460	10	REB MAC INOX CM 2,4x12 POLID	24-04-08	24-04-08	68	35.000	3
64533220500807	07-01323	10	PF CC INOX PH M5x8 POL	15-01-08	17-01-08	127	106.000	1
64536220402507	07-01344	10	PF AGL CL PH INOX 4x25 POL	25-02-08	27-02-08	74	114.000	2
64536222804107	07-01346	10	PF INOX CE PH 10/24x41,2 POL	27-02-08	29-02-08	74	107.000	2,15
64536224804500	07-01343	10	PF INOX CL PH R/P10/16x44,5 SA	13-02-08	22-02-08	74	65.000	2
64536352715108	08-00395	10	PF LT CL PH C/8MM 8/32x50,8 PQ	10-04-08	11-04-08	115	46.000	1,5
64573050601602	08-00005	10	PF D/85 M6x16 Z/B	24-01-08	26-01-08	10	79.000	2
65085220411007	07-01275	10	PF INOX CE PZ C/ENT ESP M4x10	29-02-08	03-03-08	71	110.000	2,5
65134050300801	08-00484	10	PF AC CC PH SIS M3x8 PAS	29-04-08	02-04-08	68	155.000	2
65134050501502	08-00230	10	PF AC CC PH 5.8 M5x15 Z/B	04-03-08	05-03-08	74	63.000	2
65134354701001	07-01281	10	PF LT CM 9,5 REC 3/16x9,5 PL	04-01-08	05-01-08	71	27.000	2,5
65816090401431	08-00245	10	PF AC CO F/A TORX 4x14 Z/BTRI	11-03-08	12-03-08	69	220.000	1,5
66143220602007	08-00226	10	PF INOX CE TORX M6X20 POL	04-03-08	05-03-08	73	53.000	2
66143220602507	07-01339	10	PF INOX CO TORX M6x25 POL	28-02-08	29-02-08	73	25.000	2,5
66143220602507	08-00240	10	PF INOX CO TORX R/P M6x25 PO	27-03-08	27-03-08	73	27.000	3
66143220612507	07-01338	10	PF INOX CE TORX M6x25 POL	20-02-08	22-02-08	73	100.000	2
66928070801831	07-01276	10	PF SOLDAR CC 8.8 M8x18 Z/BTRI	26-02-08	26-02-08	73	4.000	3
67829400301107	07-01310	10	RB MAC AL C/ENT 3x10,5 POL	16-01-08	16-01-08	69	50.000	2,25
69631054501101	08-00399	10	REB MAC AC CC 4,5x10,8 PAS	14-04-08	15-04-08	74	70.000	1,5
81110402700800	08-00237	10	REB MAC AL CC 2.7x7.9 LAV	13-03-08	17-03-08	69	282.000	2
							MÉDIA	1,79

Figura 11 – Alguns exemplos dos tempos praticados no final do estágio

A título de exemplo, apresentam-se a seguir os valores dos tempos de setup para três produtos (setup completos), medidos em datas anteriores e posteriores à implementação dos conceitos de SMED. O produto representado na figura 12 registou uma redução gradual no tempo de setup, passando de 3 horas (em 19/09/2007) para 1 hora (em 20/03/2008). Isto corresponde a uma diminuição de cerca de 67%.

Os tempos de setup dos produtos representados nas figuras 13 e 14 registaram uma diminuição na ordem dos 20%.

Alguns exemplos de melhorias								
Antes								
Codigo	Ordem de fabrico	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Máq.	Quant. prod.	Tempo setup
61929074201031	07-00820	10	P2910612424 D7981 4,2x9,5 TRIV	18-09-07	19-09-07	11	310.000	3
Depois								
Codigo	Ordem de fabrico	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Máq.	Quant. prod.	Tempo setup
61929074201031	07-01385	10	P2910612424 D7981 4,2x9,5 TRIV	10-01-08	17-01-08	72	510.000	2,5
61929074201031	08-00329	10	P2910612424 D7981 4,2x9,5 TRIV	14-02-08	15-04-08	72	220.000	1,5
61929074201031	08-00297	10	P2910612424 D7981 4,2x9,5 TRIV	18-03-08	20-03-08	72	320.000	1

Figura 12 – Evolução dos tempos de setup do artigo 4,2x9,5

Alguns exemplos de melhorias								
Antes								
Codigo	Ordem de fabrico	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Máq.	Quant. prod.	Tempo setup
60023050402302	07-00648	10	PR AC C/RESSALTO M4x23 Z/B	18-06-07	19-06-07	115	70.000	2,5
Depois								
Codigo	Ordem de fabrico	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Máq.	Quant. prod.	Tempo setup
60023050402302	07-01399	10	PR AC C/RESSALTO M4x23 Z/B	08-01-08	09-01-08	115	53.000	2
60023050402302	08-00463	10	PR AC C/RESSALTO M4x23 Z/B	21-04-08	23-04-08	115	65.000	2

Figura 13 – Evolução dos tempos de setup do artigo M4x23

Alguns exemplos de melhorias								
Antes								
Codigo	Ordem de fabrico	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Máq.	Quant. prod.	Tempo setup
60565073500602	07-00778	10	PF AC PH P/CONICA M3,5x6,3 ZB	06-07-07	12-07-07	72	520.000	2,5
60565073500602	07-00865	10	PF AC PH P/CONICA M3,5x6,3 ZB	17-10-07	20-10-07	72	508.000	2,5
Depois								
Codigo	Ordem de fabrico	Secção	Designação	Data inicio	Data fim	Máq.	Quant. prod.	Tempo setup
60565073500602	08-00259	10	PF AC PH P/CONICA M3,5x6,3 ZB	10-03-08	26-03-08	72	675.000	2

Figura 14 – Evolução dos tempos de setup do artigo M3,5x6,3

Capítulo 4 – Conclusões e propostas de trabalhos futuros

Conteúdos:

4.1 Conclusões

4.2 Propostas de trabalhos futuros

4. Conclusões e propostas de trabalhos futuros

Com o propósito de aumentar a competitividade da empresa 3Marcos, foi desenvolvido um modelo baseado nos conceitos de SMED, incidindo na subsecção Dupla Pancada da secção de Estampagem.

A experiência acumulada, através de anos de trabalho no sector, e, principalmente, a fundamentação teórica e os diversos trabalhos realizados de diferentes formas e em diversos segmentos produtivos conhecidos através da revisão da literatura presente no capítulo 2 deste trabalho, deu a segurança necessária à equipa de trabalho para aplicar os conceitos de SMED na 3Marcos.

4.1 Conclusões

O objectivo específico de desenvolver um modelo para a implementação da metodologia SMED pode ser considerado alcançado, pois, apesar de não existir nenhum modelo específico voltado para a aplicação do conceito em empresas produtoras de parafusos, rebites e peças especiais, vários outros trabalhos trouxeram consigo técnicas e sugestões que permitiram a implementação do modelo proposto.

Em relação ao objectivo de reduzir os tempos de setup, também este se pode considerar alcançado, pois houve uma redução real de 2,68 horas para 1,79 horas entre Setembro de 2007 e Maio de 2008. Correspondendo a cerca de 33% de redução em tempo perdido com o setup.

Com a implementação do modelo proposto espera-se uma série de melhorias no funcionamento global da empresa, tais como:

- Um aumento da capacidade produtiva
- Um aumento da flexibilidade
- Uma melhoria no cumprimento dos prazos de entrega
- Uma diminuição do *lead time* produtivo
- Uma melhoria na qualidade dos produtos, devido à padronização das operações de *setup*
- Uma redução dos níveis de stock
- Uma redução do número de operações especializadas, devido à simplificação das operações
- Um aumento da segurança, pois um setup mais simples equivale a operações mais seguras
- Uma redução do tempo de produção de um lote

Antes e durante a implementação do projecto, a maioria dos funcionários daquele sector via as máquinas paradas durante quase um turno inteiro como algo normal. No entanto, após terem participado na implementação e de terem adquirido conhecimentos sobre SMED e sobre setup, estes colaboradores melhoraram a sua visão sobre a necessidade de produzir com qualidade e agilidade.

4.2 Propostas de trabalhos futuros

Tendo em conta a experiência adquirida na realização deste trabalho e na efectiva participação em cada etapa do mesmo, apresentam-se algumas recomendações que poderiam contribuir para o desenvolvimento de trabalhos futuros na 3Marcos:

- Em vez de se estabelecer somente uma meta ou tempo padrão para o setup total, podem-se também estabelecer metas ou tempos padrões individuais para cada operação pertencente ao setup, com o intuito de incidir mais pormenorizadamente nas operações.
- Estender o modelo aqui apresentado às outras secções da empresa, podendo, assim, todas as secções beneficiar dos resultados aqui apresentados.
- Criar paralelamente ao processo de implementação da metodologia de SMED, uma política de participação por parte dos operadores nos resultados da empresa, utilizando para isso, indicadores de produtividade, de diminuição de perdas, de prazos de entrega, etc.

Com isto, certamente se evitaria a descontinuidade do trabalho.

Referências bibliográficas

Affisco, J.; Paknejad, M. e Nasri, F. (2002) *Quality Improvement and Setup Reduction in the Joint Economic Lot Size Model*. European Journal of Operational Research, 142, 497-508.

Banerjee, A.; Pyreddy, V. e Kim, S. (1996) *Investment Policy for Multiple Product Setup Reduction Under Budgetary and Capacity Constraints*. International Journal of Production Economics, 45, 321-327.

Hong, J.; Kim, S. e Hayya, J. (1996) *Dynamic Setup Reduction in Production Lot Sizing with Nonconstant Deterministic Demand*. European Journal of Operational Research, 90, 182-196.

Ohno, T. (1988) *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Cambridge: Productivity Press.

Shingo, S. (1985), *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Cambridge: Productivity Press.

Shingo, S. (1996), *Sistemas de produção com estoque zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre: Bookman.

Shingo, S. (2000), *Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas: Uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman.

Stasey, R.; McNair, C. (1990) *Crossroads: A JIT Success Story*. Irwin: Dow Jones

Sugimori, Y.; Kusunoki, K.; Cho, F.; Uchikawa, S. (1977) *Toyota Production System and Kanban System: Materialization of Just-in-Time and a Respect-for-Human System*. International Journal of Production Research, 15, 553-564.

Trovinger, S.; Bohn, R. (2005) *SetupTime Reduction for Electronics Assembly: Combining simple (SMED) and IT-Based Methods*. *Production and Operations Management*, 14, 205-207.

Anexos

1. Objectivo:

Estabelecer regras para assegurar uma mudança de ferramenta mais segura e eficaz.

2. Responsabilidades:

A responsabilidade pelo cumprimento deste procedimento é de todos os colaboradores.

3. Definições:

4. Modo de Proceder:

- **Em cada máquina antes de acabar uma produção (O.F.), o operador deve efectuar os seguintes passos:**
 1. Pedir ferramenta para a próxima produção.
 2. Pedir arame para a próxima produção.
 3. Verificar se a ferramenta está em perfeitas condições.
 4. Colocar no carro a ferramenta do artigo e a ferramenta de apoio (ex: anilhas, tarugos, roldanas e cames).

- **Quando a produção (O.F.) terminar, o operador deve efectuar os seguintes passos:**
 1. Lavar a máquina.
 2. Retirar ferramenta anterior.
 3. Retirar o arame, caso seja diferente do arame da próxima produção (O.F.).
 4. Preparar o arame.
 5. Trocar as roldanas.
 6. Executar a montagem de acordo com a lista de ferramentas do artigo.
 7. Afinar o corte.
 8. Afinar a matriz.
 9. Afinar do pré – cabeça.
 10. Afinar do punção final.

- **Após terminado o “SETUP” e depois de iniciada a produção em série, o operador deve realizar os seguintes passos:**
 1. Lavar as roldanas e arrumar na estante.
 2. Arrumar ferramenta na estante.
 3. Arrumar anilhas e tarugos.
 4. Preencher os documentos de produção.
 5. Efectuar o plano de controlo no computador.

Anexo 1 – Instrução de mudança de ferramenta

