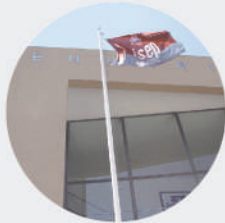


Implementação da metodologia SMED em empresa do setor da cordoaria

CHRISTOPHE DA SILVA VIEIRA

Outubro de 2018



Implementação da metodologia SMED em empresa do setor da cordoaria

CHRISTOPHE DA SILVA VIEIRA

Outubro de 2018

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED EM EMPRESA DO SETOR DE CORDOARIA

Christophe da Silva Vieira
2017/2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

iscap

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED EM EMPRESA DO SETOR DE CORDOARIA

Christophe da Silva Vieira
1160021

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial realizada sob a orientação do Professor Doutor Manuel Pereira Lopes (orientador académico) e do Senhor António Santos (orientador empresarial).

2017/2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

iscap

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

Professor Doutor Manuel Pereira Lopes

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Senhor António Santos

Responsável de Manutenção, Cordex

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Quero deixar aqui um especial agradecimento a várias pessoas, desde os meus pais e irmãos que muita paciência tiveram para comigo durante o projeto. Aos meus amigos Gil Silva, Marcelo Costa e Bruno Barros pela insistência em sair de casa para arejar as ideias. E finalmente aos meus orientadores, ao Professor Doutor Manuel Pereira Lopes (ISEP) e ao Senhor António Santos (Cordex) por todo o apoio dado durante a execução deste projeto.

PALAVRAS-CHAVE

Processo produtivo, mudança de produção, melhoria

RESUMO

Numa elevada competitividade empresarial como é a atual torna-se fundamental a melhoria contínua dos processos internos das empresas de forma a produzir o produto com qualidade e entrega-lo dentro dos prazos de entrega definidos. A ferramenta SMED aparece como uma ferramenta capaz de reduzir os desperdícios associados aos processos produtivos das empresas. Este trabalho tem como objetivo o estudo de alguns processos produtivos de uma empresa do ramo da cordoaria apresentando propostas de melhoria enquadradas na metodologia SMED. Em cada uma delas são apresentadas as vantagens, investimentos e tempos de retorno associados.

KEYWORDS

Production process, production change, improvement

ABSTRACT

In a high business competitiveness as is the current, it is fundamental to continuously improve the internal processes of companies in order to produce the product with quality and deliver it within the defined delivery deadlines. The SMED tool appears as a tool capable of reducing the waste of the productive processes of the companies. This work has as objective the study of some productive processes of a company of the branch of the rope presenting proposals of improvement framed in the methodology SMED. In each of them the advantages, investments and return time are presented.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
SGPS	Sociedade Gestora de Participações Sociais
IED	<i>Internal Exchange of Die</i>
OED	<i>Outer Exchange of Die</i>
EDM	<i>Electrical Discharge Machining</i>

Lista de Unidades

min	Minuto
s	Segundo
kg/h	Quilograma por hora
%	Porcentagem
m	Metro
m/min	Metro por minuto
€/m	Euro por metro
€/kg	Euro por quilograma

Lista de Símbolos

€	Euro
---	------

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Denier	Peso em gramas de 9000 metros de fio
--------	--------------------------------------

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – GRUPO EMPRESARIAL CORDEX (CORDEX SGPS, 2011)	28
FIGURA 2 – FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED, ADAPTADO DE (SHINGO, 1985).....	36
FIGURA 3 – DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTO COM A METODOLOGIA SMED (PINTO, 2009)	38
FIGURA 4 – FASES DA METODOLOGIA SMED, ADAPTADO DE (MCINTOSH, CULLEY, & OWEN, A CRITICAL EVALUATION OF SHINGO'S SMED METHODOLOGY, 2000)	40
FIGURA 5 – SISTEMA <i>PICK & PLACE</i> PARA COLOCAÇÃO DE COMPONENTES ELÉTRICOS (PEREIRA, 2016)	41
FIGURA 6 – SISTEMA <i>QUICK CHANGE JAW</i> PROPOSTO POR (TIMASANI, MAHESH, & DOSS, 2011)	42
FIGURA 7 – EQUIPAMENTOS DE EDM POR PENETRAÇÃO E EDM A FIO (NEVES, 2015).....	43
FIGURA 8 – NOVO SISTEMA DE FIXAÇÃO PARA A TÉCNICA EDM A FIO (NEVES, 2015)	44
FIGURA 9 – PRODUÇÃO DE 4 ROLOS DE REDE	48
FIGURA 10 – ATUAIS DELIMITADORES DE LARGURA	49
FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO 3D DE UM DELIMITADOR DE LARGURA ATUAL	49
FIGURA 12 – ATUAL SISTEMA DE CORTE DAS EXTRUSORAS DE RÁFIA	51
FIGURA 13 – BOBINADEIRAS DE UMA EXTRUSORA DE RÁFIA.....	52
FIGURA 14 – ASPIRADOR DE RECOLHA DE DESPERDÍCIO.....	52
FIGURA 15 – FORNO DE ESTIRAGEM.....	53
FIGURA 16 – NOVO DELIMITADOR DE LARGURA	55
FIGURA 17 – SISTEMA PORTA RÉGUAS DE CORTE	57
FIGURA 18 – SISTEMA PORTA RÉGUAS DE CORTE NA ESTRUTURA DA EXTRUSORA	58
FIGURA 19 – NOVO SISTEMA DE CORTE INSTALADO NUMA EXTRUSORA.....	59
FIGURA 20 – MANUSEAMENTO DOS EQUIPAMENTOS AQUANDO TROCAS DE PRODUÇÃO.....	61
FIGURA 21 – CONJUNTO BASE + MOTOR DE UMA BANHEIRA.....	62
FIGURA 22 – MELHORIA NA TROCA DE EQUIPAMENTOS DE UMA EXTRUSORA.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – UTILIZAÇÃO DO TERMO SMED POR PERÍODO	33
TABELA 2 – UTILIZAÇÃO DO TERMO SMED POR ÁREA (EM JANEIRO E FEVEREIRO 2018).....	34
TABELA 3 – VANTAGENS DIRETAS E INDIRETAS DA METODOLOGIA SMED, ADAPTADO DE (MOREIRA & PAIS, 2011).....	38
TABELA 4 – OPERAÇÕES A REALIZAR NUMA MUDANÇA DE 3 PARA 4 ROLOS	48
TABELA 5 – OPERAÇÕES A REALIZAR NUMA MUDANÇA DE LARGURA DE FITA	50
TABELA 6 – NÚMERO DE DELIMITADORES UTILIZADOS EM 2017	55
TABELA 7 – OPERAÇÕES A REALIZAR NUMA MUDANÇA DE 3 PARA 4 ROLOS (NOVO DELIMITADOR).....	56
TABELA 8 – CUSTOS PARA ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE	58
TABELA 9 – OPERAÇÕES A REALIZAR NUMA MUDANÇA DE LARGURA DE FITA (NOVO SISTEMA)	60
TABELA 10 – CUSTOS PARA MELHORIA DE MUDANÇA DE EQUIPAMENTO	63

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Contextualização	27
1.2	Apresentação da Empresa	28
1.3	Organização do Relatório	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
2.1	Origem da metodologia SMED	35
2.2	Implementação da metodologia SMED	36
2.3	Vantagens da metodologia SMED	37
2.4	Evolução do conceito SMED	39
2.5	Exemplos práticos de implementação	40
2.5.1	Redução de tempos de <i>setup</i> na montagem de componentes eletrônicos	41
2.5.2	Redução de tempos de <i>setup</i> numa prensa de estampagem	41
2.5.3	Redução de tempos de <i>setup</i> numa linha de maquinação CNC	42
2.5.4	Redução de tempos de <i>setup</i> em técnicas de eletroerosão	42
2.5.5	Redução de tempos de <i>setup</i> no embalamento de produtos farmacêuticos	44
3	DESENVOLVIMENTO	47
3.1	Situações atuais e oportunidades de melhoria	47
3.1.1	Mudança de largura de rede agrícola	47
3.1.2	Mudança de largura de corte de fitas	50
3.1.3	Mudança de banheira / forno de uma extrusora	53
3.2	Desenvolvimento das oportunidades de melhoria	54
3.2.1	Mudança de largura de rede agrícola	54
3.2.2	Mudança de largura de corte de fitas	57
3.2.3	Mudança de banheira / forno de uma extrusora	61
4	CONCLUSÕES	67
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Apresentação da Empresa

1.3 Organização do Relatório

1 INTRODUÇÃO

Num mercado cada vez mais competitivo, a sobrevivência e crescimento de uma empresa não se garantem apenas com o aumento da sua produção, é necessário procurar soluções que permitam otimizar as várias etapas de um processo produtivo. A otimização de processos consiste na redução ou eliminação de recursos, tempos e custos, permitindo não só aumentar a produção de uma empresa, como também leva a uma maior eficiência e agilidade, garantindo um aumento da satisfação dos seus colaboradores e clientes.

1.1 Contextualização

De forma a alcançar vantagem comparativamente com os seus concorrentes, uma empresa deve ter a capacidade de se diferenciar. Esta diferenciação pode ser atingida quer através da criação de produtos inovadores, quer pela inovação dos seus processos produtivos internos. Neste último caso, estão enquadradas por exemplo as mudanças de produção de um determinado equipamento. Estas mudanças de produção, apesar de não acrescentarem valor ao produto são indispensáveis. Torna-se igualmente indispensável encontrar soluções para reduzir os tempos associados a essas mudanças, principalmente quando se pretende elevadas quantidades e variedade de produtos para dar resposta à procura do mercado. É neste contexto que se enquadra o presente trabalho, que visa reduzir tempos de preparação de equipamentos e linhas produtivas, através da implementação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) numa empresa do setor de cordoaria, nomeadamente, na Cordex SA. A Cordex SA, apresentada mais detalhadamente na secção seguinte, é uma empresa com quase cinco décadas de existência com forte presença no mercado mundial onde se encontra inserida, sendo este um mercado essencialmente sazonal. Esta empresa certificada, possui centenas de equipamentos de distintas gerações e um grupo de colaboradores dedicado, profissional e competente. Com base nestas condições pretende-se com este trabalho analisar e encontrar novas soluções para melhorar o desempenho e conseqüentemente a eficiência de processos em determinados setores das várias unidades fabris da empresa.

1.2 Apresentação da Empresa

A Cordex SA, fundada em 11 de outubro de 1969 em Esmoriz, tinha como principal objetivo a produção de sisal. Desde então, várias áreas de negócio foram implementadas e desenvolvidas. A partir da década de 80 ocorreram importantes desenvolvimentos, nomeadamente a modernização da estrutura organizativa da empresa e a aquisição de novos equipamentos. Na mesma década, a Cordex SA iniciou a produção e comercialização de cordoaria sintética e espumas flexíveis que registaram um crescimento bastante acentuado durante os anos 90. Por essa altura a empresa lança a produção e comercialização de multifilamentos de alta tenacidade. Começou igualmente a produzir fios para a área das telecomunicações através de *polysteel* de alta tenacidade (Cordex SGPS, 2011).

Fruto da sua elevada organização e constante evolução, a empresa obtém o certificado de qualidade ISO (*International Organization for Standardization*) 9002 a 27 de novembro de 1997. Nesse ano, foi criada a CORDEX SGPS (Sociedade Gestora de Participações Sociais), empresa atualmente conhecida por grupo empresarial CORDEX, verificando-se então uma nova reorganização de toda a estrutura das atividades do grupo. Na Figura 1 apresentam-se as empresas participadas que o grupo empresarial CORDEX possui atualmente.



Figura 1 – Grupo Empresarial Cordex (Cordex SGPS, 2011)

Das várias empresas que constituem o grupo, este projeto é desenvolvido nas empresas Cordex e Cordenet, dedicadas à produção de cordoaria sintética, multifilamentos e redes agrícolas.

1.3 Organização do Relatório

O presente relatório encontra-se dividido em sete capítulos.

No primeiro e presente capítulo é apresentada uma breve introdução ao tema e descrição da empresa onde irá decorrer este trabalho.

O segundo capítulo destina-se à revisão bibliográfica da metodologia estudada, com a apresentação detalhada da mesma e apresentação de exemplos práticos já estudados em diferentes tipos de indústria.

No terceiro capítulo são apresentadas oportunidades de melhoria em determinados setores da unidade fabril, com o objetivo de reduzir tempos de preparação de equipamentos, reduzindo tempos de paragem destes, aliado à redução de esforços físicos realizados pelos colaboradores em determinadas tarefas. O desenvolvimento dessas oportunidades de melhoria bem como os resultados obtidos são igualmente apresentados no capítulo três.

As conclusões deste trabalho encontram-se apresentadas no quarto capítulo enquanto as referências bibliográficas são descritas no quinto e último capítulo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem da metodologia SMED

2.2 Implementação da metodologia SMED

2.3 Vantagens da metodologia SMED

2.4 Evolução do conceito SMED

2.5 Exemplos práticos de implementação

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tal como referido anteriormente, este trabalho visa o estudo e implementação da metodologia SMED numa empresa de cordoaria. Nas secções seguintes este conceito será apresentado mais detalhadamente incluindo a apresentação de exemplos práticos de sucesso desta ferramenta em diversos setores de atividade. Contudo, é pertinente conhecer numa primeira fase a importância desta abordagem na atualidade e a evolução da sua utilização ao longo do tempo. Na Tabela 1 são apresentados dados estatísticos relativos à utilização da ferramenta SMED. Aqui é possível verificar o número de artigos científicos, trabalhos académicos e livros que estudam e/ou utilizam esta abordagem, realizando uma análise com o motor de pesquisa “Google Académico”. Neste tratamento de dados são excluídas patentes, bem como a existência deste tema apenas em meras citações. O número de documentos considerado tem em conta qualquer idioma.

Tabela 1 – Utilização do termo SMED por período

Período	Documentos que se apoiam na abordagem SMED (total)
De 2016 a 2018 (fevereiro)	1440
De 2011 a 2015	2990
De 2006 a 2010	1410
De 2001 a 2005	471

Analisando os dados estatísticos da Tabela 1 é possível observar um elevado crescimento na utilização do termo SMED nos documentos inseridos no “Google Académico” desde 2001. De referir que o número de documentos inseridos entre 2011 e 2015 representa mais do dobro do número de documentos inseridos desde 2006 até 2010. Em apenas dois anos e dois meses (de 2016 até fevereiro de 2018) o número de documentos já é de 1440.

A Tabela 2 apresenta o número de documentos com abordagem a este tema carregados na plataforma apenas em 2018 (janeiro e fevereiro).

Tabela 2 – Utilização do termo SMED por área (em janeiro e fevereiro 2018)

Documentos que se apoiam na abordagem SMED (por área) 2018 (janeiro e fevereiro)		
Trabalhos académicos		4
Livros		25
Livros – Melhoria Contínua		22
Livros – Indústria		3
Área da Indústria	Metalomecânica	1
	Injeção	1
	Embalagem	1
Artigos científicos		27
Artigos científicos – Melhoria Contínua		16
Artigos científicos – Indústria		11
Área da Indústria	Metalomecânica	5
	Alimentar	2
	Injeção	1
	Automóvel	1
	Madeira	1
	Tintas	1
Total		56

Nos primeiros dois meses de 2018 foram carregados 56 documentos, dos quais 4 trabalhos académicos, 25 livros e 27 artigos científicos. Destes 52 livros e artigos

carregados, 38 fazem especial referência à melhoria contínua de processos produtivos e de gestão de empresas, o que mostra o papel fundamental da ferramenta SMED nos processos de melhoria daquelas. É ainda possível verificar a utilização desta abordagem em diversas áreas da indústria tal como a metalomecânica, a indústria alimentar, de injeção entre outras. A seleção efetuada e apresentada na Tabela 2 não possui restrições no idioma utilizado existindo documentos escritos em português, inglês, alemão, finlandês e indonésio, o que mostra a existência e utilização do SMED em todo o mundo.

2.1 Origem da metodologia SMED

Através da realização de consultorias em empresas japonesas, a metodologia SMED foi concebida e desenvolvida por Shigeo Shingo (1985) durante quase 2 décadas, de 1950 e 1960. O desenvolvimento da mesma ficou marcado por três importantes momentos da história da indústria japonesa (Shingo, 1985).

Em 1950, em Hiroshima, Shingo analisou o processo de troca de matrizes de uma prensa na empresa *Toyo Kogyo's Mazda*. Através desta análise, identificou dois tipos de tarefas ou operações de *setup* que eram realizadas. Por um lado, as operações que só podiam ser realizadas com a máquina parada representavam as operações internas, *setup* interno (IED – *Internal Exchange of Die*). As operações de preparação que podiam ser realizadas com a máquina em funcionamento constituíam o *setup* externo (OED – *Outer Exchange of Die*) e eram denominadas por operações externas. Com esta classificação, a eficiência da prensa aumentou em cerca de 50% (Shingo, 1985).

Igualmente na cidade de Hiroshima, na empresa Mitsubishi Heavy Industries, Shingo desenvolveu um estudo em 1957 que permitiu aumentar a produção de uma retificadora. Analisando o processo produtivo desta retificadora que maquinava a base de motores, a instalação de uma segunda mesa permitiu que as operações de centragem e dimensionamento da base dos motores não provocassem paragem da máquina e passassem a ser realizadas durante o seu funcionamento. Esta duplicação de ferramentas aumentou a produção da máquina em 40% (Shingo, 1985).

Em 1969, na empresa *Toyota Motors Company*, Shingo conseguiu numa primeira fase diminuir o tempo de *setup* de uma prensa de quatro horas para noventa minutos,

através da definição das operações internas e externas. Na continuação deste estudo, com a conversão de operações internas em externas, o tempo de *setup* daquela máquina passou de noventa minutos para apenas três minutos. Com os resultados obtidos por Shingo ao longo de 19 anos, a metodologia SMED visa a racionalização das operações a realizar pelos operadores das máquinas e trocas rápidas de ferramentas, apontando para tempos de preparação ou de *setup* inferiores a 10 minutos (Shingo, 1985).

2.2 Implementação da metodologia SMED

De acordo com Shingo a metodologia SMED consiste numa abordagem científica de redução de tempos de *setup*, sendo constituída por quatro fases sintetizadas na Figura 2.

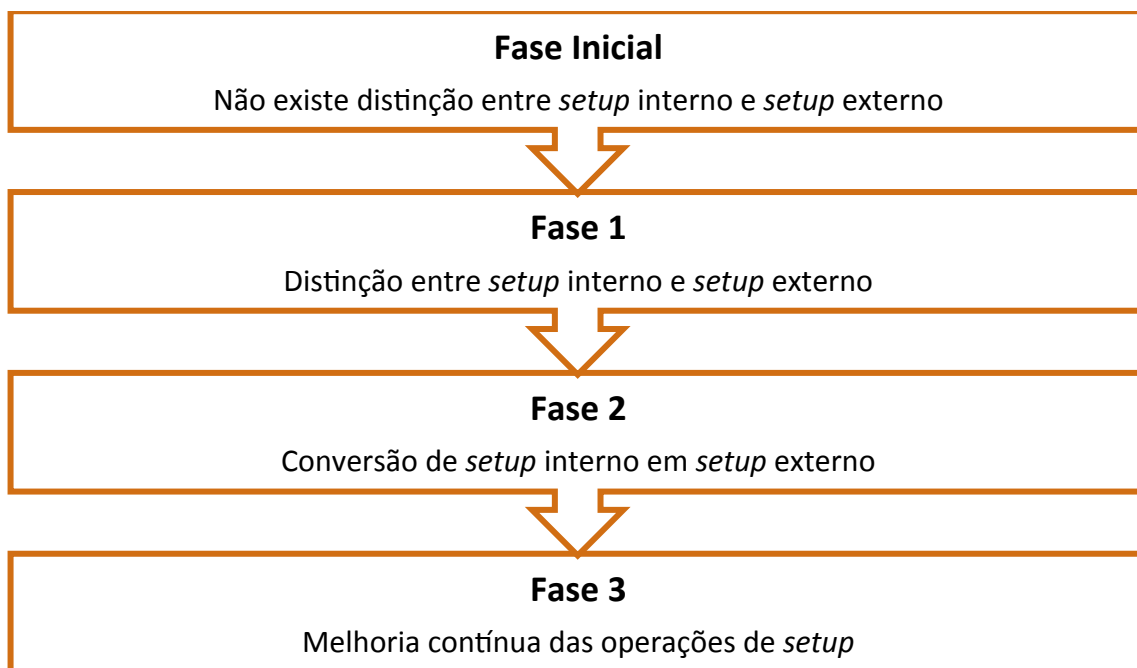


Figura 2 – Fases de implementação da metodologia SMED, adaptado de (Shingo, 1985)

Numa fase inicial desta metodologia deve ser efetuada uma análise à situação atual do processo em estudo. Nesta etapa deve igualmente ser recolhida toda a informação do processo, respetivas operações de *setup* e medição dos tempos associados. Todas as ideias de melhoria devem ser recolhidas conjuntamente com os operadores dos

equipamentos, pois são estes os colaboradores da empresa que mais conhecem o processo produtivo, devendo estar igualmente enquadrados e envolvidos no estudo.

A distinção das operações de *setup* interno e externo é realizada na fase 1. Nesta fase devem ser separadas e organizadas todas as operações internas e externas. A partir desta separação e classificação das operações realizadas, permite a identificação de oportunidades de melhoria.

Segue-se a fase 2, cujo objetivo consiste na transformação de operações de *setup* interno para *setup* externo, através da adoção de melhores práticas e meios que possibilitem essa conversão.

A terceira e última fase da implementação da metodologia SMED tem como objetivo a melhoria contínua das operações externas, permitindo a redução dos tempos de execução destas, tornando-as igualmente mais fáceis e seguras.

De modo a garantir o sucesso da implementação do SMED, Shingo determina um conjunto de procedimentos que devem ser seguidos.

- Observação do procedimento atual;
- Classificação das operações em operações internas e externas;
- Conversão das operações internas em operações externas;
- Desenvolvimento de soluções que permitam a redução de tempos de *setup* de operações internas e externas;
- Criação de procedimentos de redução de falhas na realização de mudanças de produção;
- Repetição dos pontos anteriores, de modo a permitir novas reduções de tempos de operação.

2.3 Vantagens da metodologia SMED

A partir dos trabalhos realizados por Shingo é possível identificar as principais vantagens ou benefícios que resultam da implementação da metodologia SMED. Estas vantagens podem ser classificadas como sendo vantagens diretas ou indiretas, como mostra a Tabela 3 (Moreira & Pais, 2011).

Tabela 3 – Vantagens diretas e indiretas da metodologia SMED, adaptado de (Moreira & Pais, 2011)

Vantagens Diretas	Redução do tempo de <i>setup</i>
	Redução do tempo de ajustes
	Redução de erros
	Aumento da segurança
Vantagens Indiretas	Redução de <i>stocks</i>
	Aumento da fiabilidade da produção
	Padronização de operações

Em consequência das vantagens descritas na Tabela 1, Lopes (2016) refere que os ganhos económicos associados à implementação do SMED podem ser vistos em diversas perspetivas, como por exemplo na diminuição de custos de mão-de-obra e de gestão de lotes (Lopes, 2006). A partir da gestão de lotes e com a diminuição e flexibilização das dimensões destes, torna-se possível responder de forma mais rápida e eficaz às variações do mercado, produzindo em função das encomendas com preços mais competitivos (Meirelles, 2004).

A Figura 3 mostra como a metodologia SMED é capaz de aumentar a disponibilidade dos equipamentos permitindo alcançar uma produção diferenciada com *leadtimes* ou tempos de entrega reduzidos (Pinto, 2009).

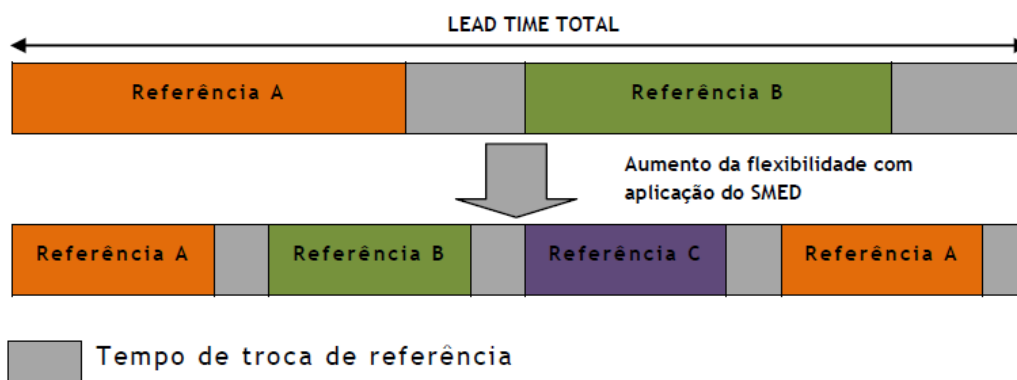


Figura 3 – Disponibilidade de equipamento com a metodologia SMED (Pinto, 2009)

Equipamentos com menor ocupação permitem naturalmente maiores capacidades produtivas aos processos. Assim, a aplicação do SMED pode representar uma alternativa à aquisição de novos equipamentos, quando estamos perante um processo identificado como *bottleneck* ou gargalo.

2.4 Evolução do conceito SMED

O tempo de *setup* decorre desde a saída da última peça boa do *setup* anterior até à primeira peça boa do seguinte, representando o tempo de paragem do equipamento, quer na preparação deste quer na troca de ferramentas (Black, 1998). Para além desta definição, McIntosh (2007) defende que após a produção da primeira peça boa do *setup* seguinte é ainda possível encontrar perdas ou desperdícios, embora seja difícil a quantificação dos mesmos (McIntosh, *Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's SMED Methodology*, 2007).

A redução do tempo de *setup*, tal como descrito nas secções anteriores, representa o principal objetivo da metodologia SMED. De maneira a garantir a sustentabilidade das soluções implementadas para a redução dos tempos de operações são apresentados seis fatores que poderão influenciar essa consolidação (Culley, Owen, Mileham, & McIntosh, 2003).

- Predominância do *design*
- Pressão para os resultados
- Estabilidade emocional dos trabalhadores
- Suporte da administração
- Implementação de um programa
- Estado antes da implementação do programa

Relativamente ao *design* inicial do equipamento, este representa o fator mais importante na sustentabilidade das melhorias obtidas. Outro fator que contribui positivamente para uma boa sustentabilidade consiste na pressão para a obtenção de resultados, ou seja, na pressão para diminuir o tempo dedicado a cada *setup*.

Dos seis fatores apresentados anteriormente, Zarbock (2006) dá maior ênfase aos recursos humanos da empresa. Os colaboradores representam um fator essencial para

a obtenção dos resultados desejados aquando a aplicação do SMED. Como tal é indispensável manter a motivação dos trabalhadores, informando-os da sua importância para o sucesso na implementação da metodologia, comunicando e apresentando continuamente os resultados obtidos (Zarbock, Lehmann, & Fellendorf, 2006).

Numa visão mais generalista, McIntosh (2000) apresenta uma atualização à metodologia SMED original. Esta alteração visa a obtenção de resultados visíveis num intervalo de tempo menor e consiste numa redefinição das fases do SMED criado por Shingo. São apresentadas na Figura 4 as duas fases constituintes desta atualização, que substituem as anteriores quatro apresentadas na secção 2.1 (McIntosh, Culley, & Owen, A critical evaluation of Shingo's SMED methodology, 2000).

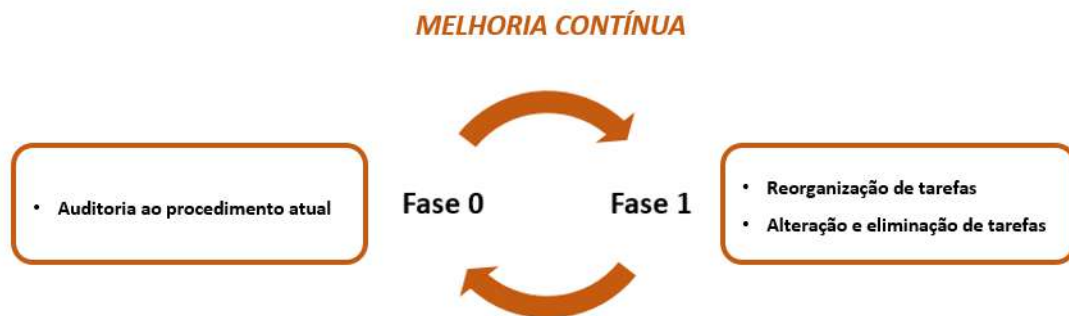


Figura 4 – Fases da metodologia SMED, adaptado de (McIntosh, Culley, & Owen, A critical evaluation of Shingo's SMED methodology, 2000)

Relativamente à reorganização das tarefas, deverá existir uma medição do impacto de cada tarefa, com recurso a uma *checklist*, devendo as mudanças ser previamente preparadas. Para a alteração e eliminação de tarefas é necessário melhorar o transporte e armazenamento de ferramentas, normalizar funções e eliminar ajustes. Tal como esta versão do SMED existem outras divulgadas por outros autores, não existindo porém um consenso geral.

2.5 Exemplos práticos de implementação

Nesta secção serão apresentados exemplos práticos de implementação da metodologia SMED em diversas áreas.

2.5.1 Redução de tempos de *setup* na montagem de componentes eletrónicos

Desenvolvido numa empresa dedicada à montagem e testes de equipamentos eletrónicos, o estudo realizado por Pereira (2016) permitiu a redução de tempos de *setup* associados à preparação de componentes que irão alimentar um sistema *Pick & Place* (Figura 5), responsável por colocar componentes elétricos nas corretas posições de uma placa eletrónica já impressa (Pereira, 2016).



Figura 5 – Sistema *Pick & Place* para colocação de componentes elétricos (Pereira, 2016)

A empresa em questão possui doze sistemas *Pick & Place* distribuídos em sete linhas de produção. A criação de um novo posto de trabalho no setor de tecnologia de montagem de placas, onde passou a ser feita a separação e preparação prévia dos componentes, permitiu a redução destes tempos de *setup* nas linhas de embalagem. Uma melhoria igualmente implementada consistiu na identificação dos componentes, permitindo maior rapidez no processo de separação.

2.5.2 Redução de tempos de *setup* numa prensa de estampagem

Após um exaustivo levantamento do processo de estampagem de peças para o setor automóvel, Bidarra (2011) conseguiu diminuir os tempos de *setup* associados a uma prensa em cerca de 45%. Esta diminuição foi o resultado da separação entre as

operações internas e externas a desempenhar, bem como a reorganização da sua sequência. Adicionalmente, a criação de um suporte intermédio junto à prensa para colocação de ferramentas permitiu a redução do tempo de troca de ferramentas de 26 para 14 minutos (Bidarra, 2011).

2.5.3 Redução de tempos de *setup* numa linha de maquinação CNC

Outro exemplo de sucesso de implementação da metodologia SMED consistiu no trabalho executado por Timasani (2011) numa linha de maquinação CNC de uma empresa prestadora de serviços na área de componentes automóveis. Os principais fatores que motivaram este estudo consistiram na necessidade de aumentar a produtividade da empresa e variedade de produtos, possibilitando simultaneamente o aumento da utilização da capacidade dos recursos. Uma das melhorias deste estudo consistiu na criação de um novo sistema de mudança rápida de fixação *Quick Change Jaw* (Figura 6). Para esta mudança rápida de grampos, os operadores utilizavam buchas de torno tradicionais e substituíam toda a bucha consoante a variação da geometria do produto a fixar. Com este novo sistema, para além de evitar ensaios e erros, é possível a fixação de vários produtos na mesma bucha, o que permitiu diminuir o tempo de *setup* em cerca de 75% (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011).

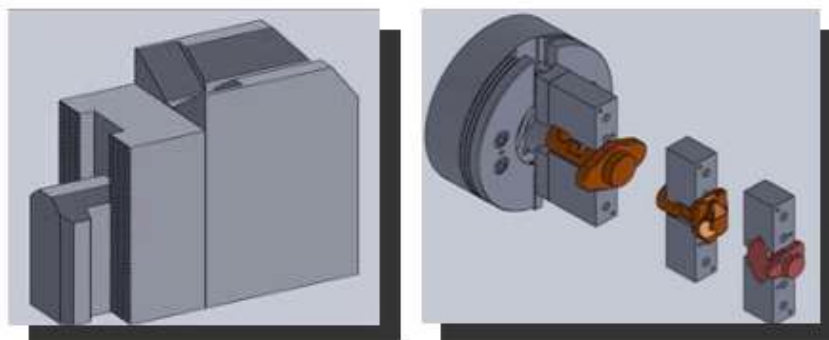


Figura 6 – Sistema *Quick Change Jaw* proposto por (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)

2.5.4 Redução de tempos de *setup* em técnicas de eletroerosão

Resultados igualmente positivos foram alcançados numa empresa metalomecânica dedicada à produção de ferramentas de precisão em aço e/ou metal duro, onde Neves (2015) conseguiu diminuir os tempos de *setup* associados às técnicas EDM (*Electrical*

Discharge Machining) por penetração e EDM a fio. EDM consiste na maquinação por descargas elétricas também conhecida por eletroerosão. Na Figura 7 são apresentados os dois equipamentos que foram sujeitos a este estudo, ONA NX3 (EDM por penetração) e FANUC ALPHA 400I (EDM a fio) (Neves, 2015).



Figura 7 – Equipamentos de EDM por penetração e EDM a fio (Neves, 2015)

Relativamente às operações de centragem e controlo dimensional das peças no caso da EDM por penetração, a nova organização de bancadas de trabalho e realocação de equipamentos de metrologia nos postos de trabalho permitiu reduções de tempo de *setup* de 14% na centragem de peças e 25% no controlo dimensional.

Por outro lado, no caso da EDM a fio, a conversão de duas operações internas para externas (fixação e centragem de peça), permitiu diminuir o tempo de *setup* total em cerca de 63%. Na Figura 8 está representado o novo sistema de fixação que foi desenhado e implementado com dois componentes móveis iguais, possibilitando a utilização de um deles e a preparação do segundo sem paragem do equipamento.

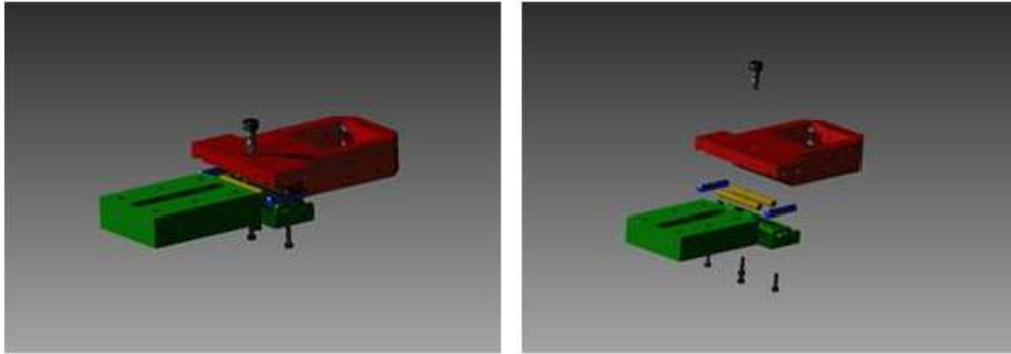


Figura 8 – Novo sistema de fixação para a técnica EDM a fio (Neves, 2015)

2.5.5 Redução de tempos de *setup* no embalamento de produtos farmacêuticos

Um outro exemplo de sucesso de implementação da metodologia SMED consiste no trabalho realizado por Santos (2014) numa linha de embalagem de produtos farmacêuticos. Várias melhorias foram realizadas com vista à redução dos tempos de *setup* das operações internas a realizar aquando das trocas de produção. Desde a criação de procedimentos de desmontagem, montagem e afinação de peças até a obtenção e organização de novas ferramentas que facilitam o trabalho dos operadores, foi possível uma redução de tempos de *setup* na ordem dos 69%. Para a obtenção deste resultado foi igualmente determinante a divisão das operações internas entre os vários operadores, de modo a equilibrar o esforço a realizar por parte de cada colaborador (Santos, 2014).

Os exemplos apresentados anteriormente conseguem comprovar a adaptabilidade da metodologia SMED em diferentes tipos de indústria. Dependendo da situação atual de cada exemplo descrito é possível observar diminuições de tempos de *setup* resultantes apenas de simples reorganizações de espaços de trabalho e/ou de ferramentas sem ainda a existência, em alguns casos, de transformações de operações de *setup* interno para *setup* externo.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Situações atuais e oportunidades de melhoria

3.2 Desenvolvimento das oportunidades de melhoria

3 DESENVOLVIMENTO

Após a revisão bibliográfica apresentada anteriormente, este capítulo é dedicado ao desenvolvimento do trabalho. Na secção 3.1 são apresentadas situações de mudanças de produção em vários setores da empresa e respetivos tempos de *setup*, bem como possíveis ações de melhoria. O desenvolvimento e resultado destas ações são apresentados na secção 3.2.

3.1 Situações atuais e oportunidades de melhoria

Nesta secção são apresentadas situações atuais de mudanças de produção. Em cada caso são apresentadas oportunidades de melhoria associadas a essas mudanças de produção com vista à redução de tempos.

3.1.1 Mudança de largura de rede agrícola

Um dos produtos produzidos pela Cordex é a rede agrícola utilizada no envolvimento de fardos. Atualmente a empresa possui uma gama extensa de teares e é capaz de produzir simultaneamente até 16 referências de rede distintas. Estas referências podem variar apenas na cor da rede, mas também no desenho ou largura da mesma. Nesse sentido o tempo de *setup* associado a cada uma destas mudanças varia de caso para caso. Dados relativos a 2017 revelam que o tempo médio para mudança de cor de um tear ronda os 10,3 min, correspondente à troca de bobine de filme de plástico (por exemplo de branco para azul). Este tipo de mudança ocorreu em 132 ocasiões em 23 teares. No mesmo ano, ocorreram apenas 27 mudanças de desenho em 14 teares com uma duração média de 45,8 min. Esta mudança representa o tipo de mudança mais longo pois é necessário um novo engate da máquina. Finalmente, em 2017 ocorreram 156 mudanças de largura em 32 teares com uma duração média de 9,80 min. Neste trabalho será apresentada uma ação de melhoria com vista à redução do tempo de *setup* associado às mudanças de largura. A Tabela 4 apresenta as operações necessárias para a realização de uma mudança de largura, por exemplo de 3 para 4 rolos.

Tabela 4 – Operações a realizar numa mudança de 3 para 4 rolos

Descrição da operação	Operação interna	Operação externa	Tempo médio de execução
1. Desmontagem do suporte de delimitadores de largura	X		3,44 min
2. Colocação e aperto de 2 delimitadores	X		36 s
3. Montagem do suporte de delimitadores	X		3,78 min
4. Afinação dos delimitadores		X	2,12 min
		Total	9,94 min

Os tempos de execução apresentados na Tabela 4 representam a média de cronometragens efetuadas em 5 mudanças de largura, todas estas de 3 para 4 rolos.

Para uma melhor perceção, na Figura 9 é apresentada a zona frontal de um tear a produzir 4 rolos de rede em simultâneo. Apesar da largura de cada rolo ser definida pelo número de fios engatados nas agulhas, são utilizados delimitadores de largura que garantem um correto alinhamento da rede aquando o seu enrolamento. Neste caso em concreto são utilizados 8 delimitadores, um em cada extremidade dos rolos.



Figura 9 – Produção de 4 rolos de rede

Exemplos de delimitadores de largura utilizados nos enroladores dos teares são apresentados na Figura 10. Uma representação 3D de um delimitador utilizando a ferramenta de desenho *SolidWorks* é apresentada na Figura 11.



Figura 10 – Atuais delimitadores de largura

Este tipo de delimitador de largura consiste numa peça cromada com diâmetro interno igual ao do varão apresentado na Figura 10 com um furo roscado de maneira a apertar aquele.

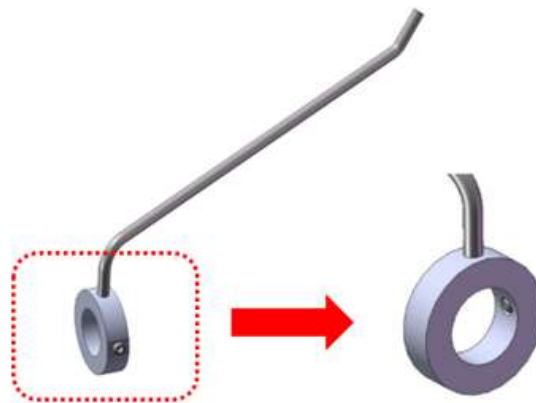


Figura 11 – Representação 3D de um delimitador de largura atual

Para retirar ou acrescentar estes delimitadores no tear, primeiramente é necessária a desmontagem do suporte do varão onde se encontram estas peças. Após retirar ou acrescentar o número pretendido de delimitadores, dependendo do número de rolos que o tear irá produzir, é necessário voltar a fixar o respetivo suporte na estrutura do tear. Estas três etapas, tal como descrito na Tabela 4, constituem operações internas pois não são possível de realizar durante a produção do tear. A afinação ou ajuste final da posição dos delimitadores é feita já com a máquina em funcionamento durante a produção dos primeiros metros de rede.

Após a descrição do processo de mudança de largura de rolos nos teares, sugere-se a alteração do tipo de delimitadores que possibilite a colocação ou retirada destes sem ser necessária a desmontagem e montagem do suporte do varão onde são colocados. Com isto as etapas 1 e 3 da Tabela 4 não seriam mais necessárias. O desenvolvimento

desta sugestão de melhoria é descrita detalhadamente na secção 3.2.1, bem como os resultados obtidos.

3.1.2 Mudança de largura de corte de fitas

Outro produto totalmente fabricado na Cordex diz respeito à corda sintética à base de polietileno, polipropileno, poliéster ou *nylon* utilizada na área marítima. A primeira etapa do processo produtivo da corda consiste na extrusão da fita à base de um dos materiais referidos anteriormente. A Cordex possui nas suas instalações uma gama extensa de extrusoras que, dependendo das necessidades produtivas, podem estar a produzir ou não o mesmo tipo de fita entre elas. Nesta fase do processo são vários os tipos de mudança que se podem realizar, desde a mudança simples de cor da fita até à mudança de *denier* ou de largura desta. Após análise destes 3 tipos de mudanças quer a nível de tempos de *setup*, quer o esforço a dedicar por parte dos operadores, é aqui sugerida uma alteração ao sistema atual de mudança de largura. No total de 8 extrusoras, em 2017 ocorreram 191 mudanças de largura, das quais 17 ocorreram paralelamente com outro tipo de mudança (cor ou *denier*). As 174 mudanças apenas de largura demoraram em média cerca de 14,9 min. Este tipo de mudança engloba as operações descritas na Tabela 5, sendo todas estas operações internas.

Tabela 5 – Operações a realizar numa mudança de largura de fita

Descrição da operação	Tempo médio de execução
1. Diminuição do débito (kg/h) da extrusora	2,19 min
2. Desengate das fitas para encaminhamento ao aspirador	1,24 min
3. Alteração da posição das lâminas na régua	2,97 min
4. Novo engate das fitas nas bobinadeiras	4,18 min
5. Aumento do débito (kg/h) da extrusora até estabilização desta	3,11 min
	Total
	13,69 min

Tal como no ponto anterior, os tempos médios de execução das operações descritas na Tabela 5 dizem respeito à média de cronometragens efetuadas durante este projeto. Neste caso os valores apresentados representam a média de 3 mudanças de largura, para o caso específico do corte de 26 fitas. O tempo de execução da operação 3 difere consoante o número de fitas que a extrusora esteja a produzir em simultâneo. De referir ainda que todas as operações necessárias para este tipo de mudança são realizadas com a extrusora em funcionamento, pois uma paragem e novo arranque deste tipo de máquinas requer um elevado custo de materiais e energia. No entanto, de maneira a diminuir o desperdício associado à mudança é diminuído o débito da máquina, por exemplo em 50%.

A Figura 12 mostra o atual sistema de corte utilizado em 8 das várias extrusoras existentes na Cordex.



Figura 12 – Atual sistema de corte das extrusoras de rafia

Pela Figura 12 é possível observar a impossibilidade de preparação prévia das lâminas para uma nova produção com larguras de fita diferentes. Assim, tal como descrito na Tabela 5, após a redução do débito da extrusora as fitas são retiradas das bobinadeiras (Figura 13) e encaminhadas para o aspirador de recolha de desperdício (Figura 14). Após a alteração da posição das lâminas para as novas larguras, as fitas são novamente engatadas nas respetivas bobinadeiras, aumentando finalmente o débito da máquina.



Figura 13 – Bobinadeiras de uma extrusora de ráfia



Figura 14 – Aspirador de recolha de desperdício

Tendo em conta os dados apresentados anteriormente na Tabela 5, e na impossibilidade de paragem da extrusora durante as mudanas de largura, será apresentada uma sugestão de melhoria ao atual sistema de corte de fitas, com vista   reduo do tempo associado a esta operao, reduzindo igualmente o desperdício de material. Este tipo de extrusora pode trabalhar entre 500 a 600 kg/h. Sendo reduzido este débito para cerca de metade (uma reduo maior pode levar à instabilidade da

máquina e conseqüente paragem) aquando uma mudança apenas de largura, e considerando os dados médios obtidos na cronometragem de 3 mudanças de largura, a operação de alteração da posição das lâminas na régua pode levar entre 12 a 15 kg de desperdício. Tomando em consideração este desperdício médio realizado em cada mudança, num total de 174 mudanças de largura em 2017 obtém-se desperdícios na ordem dos 2088-2610 kg. Face a estes números, na secção 3.2.2 é apresentada uma alteração ao sistema de corte, sua implementação e resultados finais.

3.1.3 Mudança de banheira / forno de uma extrusora

Relativamente à extrusão de monofilamentos, mediante o tipo de produto que esteja a ser produzido, de polietileno ou polipropileno, os fios devem passar por diferentes etapas de modo a ser obtida a resistência pretendida. Por exemplo, para um tipo de material após a saída dos fios da fieira, estes são mergulhados num banho de água (entre 70°C e 90°C) antes de serem encaminhados por uma sequência de rolos de estiragem para finalmente serem bobinados. Por outro lado, quando se pretende produzir um material de outra natureza é utilizado um forno (ou estufa) ao invés da banheira. Neste caso, os fios passam por um forno a uma temperatura que varia entre 60°C e 85°C. Um exemplo deste tipo de forno é apresentado na Figura 15.



Figura 15 – Forno de estiragem

Apesar deste tipo de mudanças de produção, que implica esta troca de equipamento, ser evitada nos planeamentos de produção devido ao tempo necessário, em 2017 ocorreram cerca de 6 mudanças em cada extrusora. Aquando uma mudança deste tipo, enquanto os operadores de produção procedem à limpeza da fieira e troca de

materiais nos doseadores, a equipa de manutenção procede à remoção da banheira e colocação do forno, ou vice-versa. Em cada um destes dois casos observam-se os seguintes passos:

- Desligar a alimentação elétrica da banheira/forno
- Retirar a banheira/forno com o auxílio de um empilhador (não é possível a sua movimentação manual devido ao peso e ausência de rodas)
- Colocar banheira/forno igualmente com o auxílio de um empilhador
- Ligar novamente a alimentação elétrica

O conjunto destas etapas pode demorar até cerca de 30 minutos, sendo necessários dois técnicos de manutenção, nomeadamente um eletricista e um mecânico. Tendo em conta que as operações a efetuar pela equipa da produção (descritas anteriormente) poderem demorar entre 15 a 20 minutos, esta equipa deve aguardar pela conclusão dos trabalhos de substituição de equipamento para proceder ao arranque da máquina. Face a estes números, e de acordo com o débito normal de uma extrusora que ronda os 600 kg/h, os 10 – 15 minutos de espera representam uma perda de produção situada entre 100 a 150 kg. Com base nestes valores pretende-se neste projeto melhorar a rotina ou forma de substituição de equipamentos, aproveitando o espaço existente entre extrusoras e o facto de cada extrusora possuir a sua própria banheira e forno, não sendo estes utilizados noutras máquinas. A descrição desta alteração e seus resultados encontram-se apresentados na secção 3.2.3.

3.2 Desenvolvimento das oportunidades de melhoria

Para cada caso exposto na secção 3.1 é aqui apresentado o resultado da sua implementação identificando o investimento necessário, bem como a respetiva poupança de tempo de *setup*. Em cada uma das situações foi realizada apenas uma alteração exemplo que poderá ser replicada para as restantes máquinas do respetivo setor.

3.2.1 Mudança de largura de rede agrícola

De maneira a eliminar as etapas 1 e 3 descritas na Tabela 4, é apresentada na Figura 16 uma representação gráfica de um novo tipo de delimitador de largura. Contrariamente

ao delimitador anterior, este não apresenta furação para aperto ao varão da máquina. Este novo delimitador pode ser aberto através do desaperto de dois parafusos, colocado em qualquer sítio do varão e fechado novamente. Assim não será mais necessária a introdução dos delimitadores numa das extremidades do varão, o que levava à desmontagem e montagem do suporte da máquina.

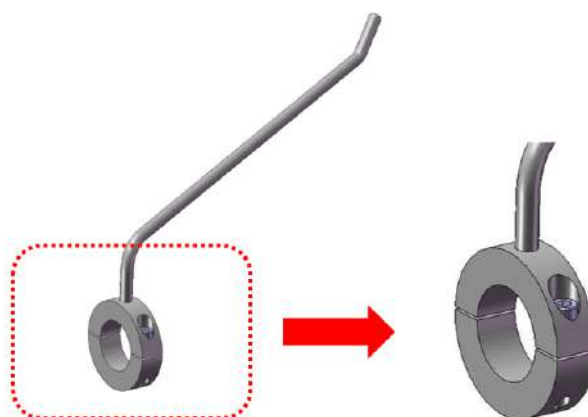


Figura 16 – Novo delimitador de largura

Naturalmente esta nova peça é mais cara do que a utilizada anteriormente, pelo facto de ser um pouco mais difícil de a produzir (necessidade de diferentes furações e corte da peça). A Tabela 6 mostra os dados de 2017 relativamente à utilização de delimitadores. O número de peças a utilizar é dependente do número de rolos a produzir. Nesse ano, em média, dos 32 teares existentes na fábrica, 8 produziram em simultâneo 3 rolos de rede, 17 teares produziram 4 rolos e 7 teares produziram 5.

Tabela 6 – Número de delimitadores utilizados em 2017

Número de teares	Número de rolos	Número de delimitadores	Total de delimitadores
8	3	6	48
17	4	8	136
7	5	10	70
Total			254

Com as horas de utilização e consequente desgaste natural dos delimitadores pelo contacto com a rede foram substituídos (em média) anualmente 42 delimitadores nos

últimos 3 anos. Se esta média se verificar ao longo dos anos, o investimento associado à utilização do novo tipo de delimitadores ronda os 115,5 €, visto o novo delimitador custar mais 2,75 € do que o anterior. Face a estes números foram realizadas novas 5 cronometragens de mudança de 3 para 4 rolos com este novo tipo de delimitadores. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Operações a realizar numa mudança de 3 para 4 rolos (novo delimitador)

Descrição da operação	Operação interna	Operação externa	Tempo médio de execução
2. Colocação e aperto de 2 delimitadores	X		1,19 min
4. Afinação dos delimitadores		X	2,47 min
		Total	3,66 min

Comparando os valores obtidos nas Tabelas 4 e 7 é possível observar uma redução bastante acentuada no tempo de operação interno necessário para a mudança de produção de 3 para 4 rolos. Pela Tabela 4 o tempo interno total das operações 1, 2 e 3 ronda os 7,82 min enquanto a utilização do novo tipo de delimitadores requer apenas uma operação interna num total de aproximadamente 1,19 min. Multiplicando esta redução de tempo de cerca de 6,63 min (aproximadamente 84,8%) pelas 156 mudanças de largura ocorridas em 2017 resulta uma poupança de tempo a rondar os 1034,3 min. De referir que este valor é apenas indicativo, pois o total de 156 mudanças ocorridas engloba mudanças de 3 para 4 rolos, mas igualmente de 4 para 5 e vice-versa. Convertendo o tempo de poupança em produção, considerando uma velocidade média por tear de 11,2 m/min, os 1034,3 min permitem um aumento de produção de aproximadamente 11583,9 m. Cada metro linear de rede pode ser comercializado entre 0,10 a 0,14 €/m resultando então num aumento de faturação anual na ordem dos 1158,4 € – 1621,8 €. Deduzindo a este valor o investimento associado à troca contínua do tipo de delimitadores (como referido anteriormente de 115,5 € por ano) resulta um lucro anual na ordem dos 1042,9 – 1506,3 €.

3.2.2 Mudança de largura de corte de fitas

Tal como descrito na secção 3.1.2 é aqui apresentada uma solução para diminuição do tempo associado à troca de posição das lâminas na régua aquando uma mudança de largura. Aproveitando o espaço disponível (em altura) no sistema de corte atual apresentado na Figura 12, foi desenhada e concebida uma outra régua com o mesmo número de suportes de lâminas que a régua atual. Foram igualmente desenvolvidas estruturas de apoio lateral que irão apoiar as duas régua, possíveis de serem manuseadas através de um sistema giratório com bloqueio. Para uma nova ordem de produção com apenas alteração de largura de fita, as distâncias entre lâminas que constituem esta nova régua poderão ser definidas enquanto a anterior régua estiver a ser utilizada na produção anterior. As representações gráficas em 3D apresentadas nas Figuras 17 e 18 mostram este novo sistema em diferentes perspetivas.

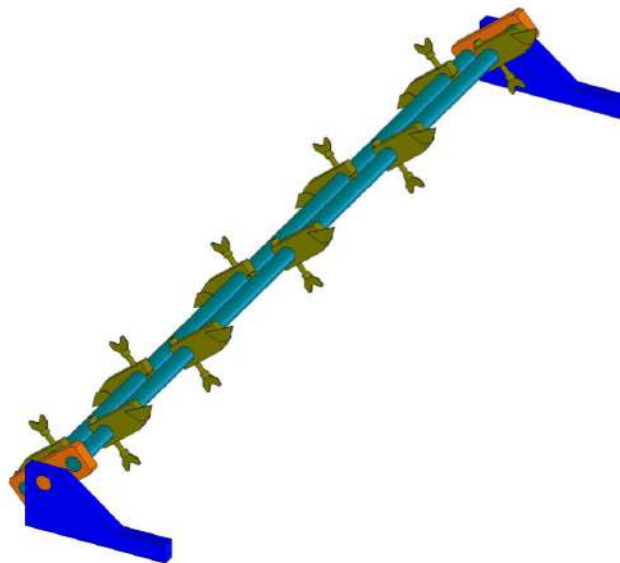


Figura 17 – Sistema porta régua de corte

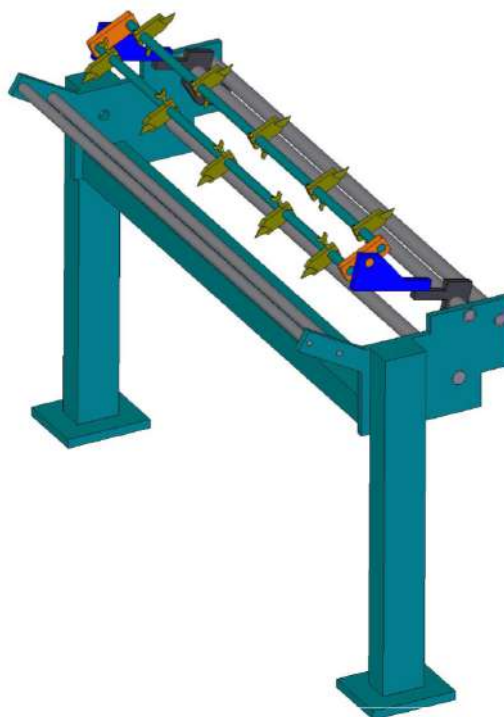


Figura 18 – Sistema porta régua de corte na estrutura da extrusora

Após o desenvolvimento dos desenhos em 3D foram adquiridas todas as peças necessárias para a construção deste sistema, procedendo-se à instalação deste aquando uma paragem prolongada da máquina (manutenção preventiva). Na Tabela 8 encontram-se discriminados todos os custos de materiais e de mão-de-obra associados à implementação desta melhoria processual.

Tabela 8 – Custos para alteração do sistema de corte

Peça	Custo unitário (€)	Quantidade	Custo total (€)
Estruturas para apoio lateral + chapa de segurança	34,99	2	69,98
Suportes de lâmina	11,49	30	344,70
Régua	39,99	1	39,99
Mão-de-obra	8,00	8 Horas	64,00
		Total	518,67

Aquando o desenvolvimento deste novo sistema e testes do mesmo, várias vantagens foram surgindo na sua utilização. Das operações descritas anteriormente na Tabela 5 serão apenas necessárias as operações 3 e 4 com este novo sistema. Pois através da preparação prévia das lâminas da nova régua para a nova largura, desbloqueando as peças laterais do sistema, as duas régua trocam de posição entre si passando rapidamente a nova régua a cortar o material. De maneira a produzir o mínimo de desperdício possível, esta alteração de posição de régua poderá ser efetuada durante o final de produção de um jogo de bobines. Assim, após efetuar a alteração da régua o operador começa o engate de cada fita numa nova bobinadeira. Como não é possível realizar este engate em todas as bobinadeiras em simultâneo, será necessário posteriormente cortar para desperdício as pontas de fitas das bobines do jogo anterior que apresentam largura diferente.

Após a instalação de um novo sistema numa das extrusoras da fábrica (Figura 19) foi cronometrada a duração deste tipo de mudança por três ocasiões. O resultado é apresentado na Tabela 9.



Figura 19 – Novo sistema de corte instalado numa extrusora

Tabela 9 – Operações a realizar numa mudança de largura de fita (novo sistema)

Descrição da operação	Operação interna	Operação externa	Tempo médio de execução
3. Alteração da posição das lâminas na régua		X	2,39 min
4. Engate das fitas nas bobinadeiras	X		3,97 min
		Total	5,46 min

Comparando estes resultados com os da Tabela 5 é notória uma diminuição acentuada na duração total de uma mudança de largura com este novo sistema de corte. No entanto, para efeitos de ganhos produtivos devemos considerar alguns fatores, nomeadamente: a operação 2 deixa de ser necessária e a duração da operação 3 também já não deve ser considerada pelo facto de passar a ser uma operação externa. Relativamente à operação 4 a utilização deste novo sistema não traz diminuição da duração daquela. Sendo assim, deduzindo os tempos associados às operações 2 e 3 da Tabela 5 resulta um ganho produtivo equivalente a 4,21 min. Como já referido anteriormente, este tipo de máquinas pode produzir entre 500 a 600 kg/h pelo que em 4,21 min é possível produzir entre 35,1 e 42,1 kg a mais, desprezando ainda os ganhos produtivos relativos à não redução da velocidade das máquinas (operação 1). Este material é cotado em cerca de 1,00 € por kg, ou seja, em cada mudança de largura será possível um ganho na ordem dos 35,1 – 42,1 €. Face às 154 mudanças de largura ocorridas em 2017, poderá ser obtido um aumento anual global de receitas de cerca de 5405,4 – 6483,4 €. De referir ainda que a instalação deste novo sistema de corte nas 8 extrusoras em estudo irá requerer um investimento total de 4149,36 €. Tendo em conta estes dados, o *Payback Period* (Período de Recuperação) deste investimento será entre 7,7 meses e 9,2 meses.

$$\text{Payback Period} = \frac{4149,36}{6483,4} \times 12 = 7,7 \text{ meses}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{4149,36}{5405,4} \times 12 = 9,2 \text{ meses}$$

3.2.3 Mudança de banheira / forno de uma extrusora

Relativamente a este ponto, de forma a evitar as perdas de produção descritas anteriormente devido ao tempo necessário para remoção da banheira e colocação do forno ou vice-versa, foi estudado um sistema de fácil e rápida execução. Utilizando o espaço disponível entre máquinas pretende-se com este projeto adquirir uma base com rodas para cada um dos equipamentos (banheira e forno) e construir um carril composto por um perfil UPN 120 mm e uma barra quadrada 40 x 40 mm calibrada, aproveitando neste caso material já existente na empresa. No caso da base, esta estaria equipada por um motor elétrico de forma a movimentar facilmente as rodas sempre que fosse necessário. Na Figura 20 encontra-se uma representação esquemática do objetivo deste trabalho.

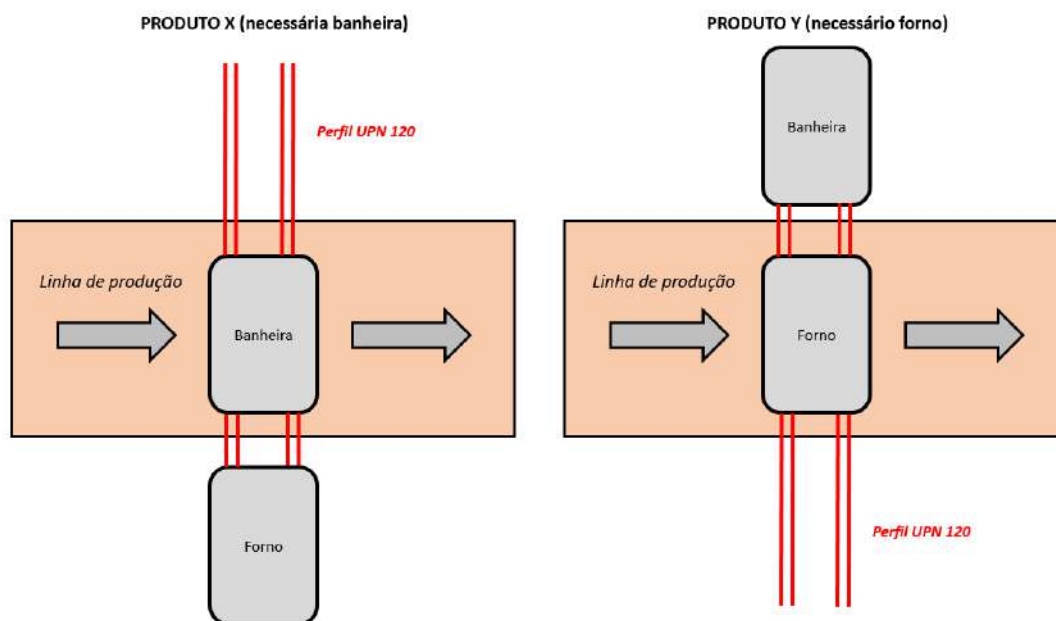


Figura 20 – Manuseamento dos equipamentos aquando trocas de produção

Pela análise ao esquema será possível a utilização da banheira para a produção do produto X e quando for necessário substituir a banheira pelo forno para a produção do produto Y bastará “correr” ambos os equipamentos para um lado ou para o outro. Na Figura 21 encontram-se apresentados a base e motor adaptados a uma banheira. O mesmo foi desenvolvido no forno da mesma extrusora.



Figura 21 – Conjunto base + motor de uma banheira

Tal como referido anteriormente, para o desenvolvimento de um protótipo, foi aproveitada uma certa quantidade de perfil UPN 120 mm existente na empresa para colocação no solo entre os dois equipamentos. O resultado final é apresentado na Figura 22.



Figura 22 – Melhoria na troca de equipamentos de uma extrusora

Esta nova forma de substituição de banheira para forno ou vice-versa demora apenas aproximadamente 1,5 minutos, tempo que demora aproximadamente a estes dois equipamentos se moverem para as novas posições. Com isto, o tempo de espera médio para que a manutenção termine os trabalhos de troca de equipamentos que rondava os 10 – 15 minutos já não irá existir, pois será a própria equipa da produção que poderá realizar esse serviço, libertando assim a manutenção para outros

trabalhos. Como já adiantado na secção 3.1.3, em 2017 ocorreram em média 6 mudanças de equipamentos em cada uma das extrusoras. Para este número total de mudanças numa extrusora será possível um ganho produtivo anual entre 600 e 900 kg, tendo em conta um débito de 600 kg/h. O preço deste produto é avaliado em aproximadamente 1,0 €/kg o que permitirá sendo assim um aumento anual de receitas por máquina entre 600 e 900 €. Face a estes números a Tabela 10 mostra o investimento necessário para cada uma das extrusoras.

Tabela 10 – Custos para melhoria de mudança de equipamento

Peça	Custo unitário (€)	Quantidade	Custo total (€)
Base com rodas	164,99	2	329,99
Motor elétrico ⁽¹⁾	77,49	2	154,99
Perfil UPN 120	2,10	4 ⁽²⁾	8,40
Barra quadrada 40 x 40 mm calibrada	20,39	4 ⁽²⁾	81,56
Mão-de-obra (elétrica + construção civil)	8,00	16 Horas	128,00
		Total	702,94

⁽¹⁾ O motor será ligado ao quadro elétrico já existente na banheira/forno

⁽²⁾ Cada perfil/barra é vendido com 6 metros de comprimento

$$\text{Payback Period} = \frac{702,94}{900,00} \times 12 = 9,4 \text{ meses}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{702,94}{600,00} \times 12 = 14 \text{ meses}$$

Tendo em conta os resultados esperados e o investimento associado resulta um *Payback Period* de 9,4 a 14 meses.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

Através da implementação das três melhorias apresentadas neste trabalho é visível uma diminuição acentuada na duração das mudanças de produção associadas, investimentos e tempos de recuperação reduzidos.

No caso da mudança de largura de rede a aquisição de novos delimitadores será feita ao longo do tempo de forma a substituir os delimitadores antigos. Os delimitadores do novo tipo irão custar mais 2,75 €/unidade que os anteriores. Para um número de mudanças de largura equivalente ao observado em 2017 esta melhoria poderá permitir lucros anuais na ordem dos 1042,9 – 1506,3 €.

O novo sistema de preparação das lâminas para o corte de fitas permitirá a eliminação de 3 operações comparativamente com o processo anterior. O investimento associado a esta melhoria ronda os 518,67 € por máquina (4149,36 € para o conjunto de 8 extrusoras) gerando lucro no máximo ao fim de 9,2 meses aproximadamente, com aumentos de faturação anuais na ordem dos 5405,4 – 6483,4 €.

A rápida e cómoda mudança de uma banheira para um forno ou vice-versa através da melhoria apresentada irá gerar lucros ao fim de aproximadamente 14 meses, com aumentos de faturação anual por máquina na ordem dos 600 – 900 € sendo o investimento necessário por extrusora de 702,94 € (5623,5 € para 8 máquinas).

De um ponto de vista global, as melhorias apresentadas neste projeto poderão permitir um aumento anual de faturação na ordem dos 11248,3 € – 15189,7 €. Para a obtenção destes resultados será necessário um investimento total de 9772,9 € para as últimas duas ações apresentadas e um investimento anual de 115,5 € correspondente à primeira ação. O *Payback Period* médio do conjunto das ações em que foi possível o seu cálculo ronda os 10 meses.

Ao longo de todo o projeto notou-se uma motivação enorme por parte dos colaboradores da produção e da manutenção o que facilitou bastante a implementação das melhorias. A nível pessoal este trabalho foi extremamente interessante e importante para a minha aprendizagem e carreira profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bidarra, T. T. (2011). *Implementação da metodologia SMED numa empresa do setor da indústria automóvel*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Black, J. T. (1998). *O projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Bookman.

Cordex SGPS. (2011). Sobre Nós. Obtido em 12 de Novembro de 2017, de Cordex Agri: <http://cordexagri-us.cordex.com/AboutUs>.

Culley, S. J., Owen, G. W., Mileham, A. R., & McIntosh, R. I. (2003). Sustaining changeover improvement. *Proc Instn Engrs*.

Lopes, R. (2006). Quick Changeover: Practical application of method SMED. *Tecnometal*.

McIntosh, R. (2007). Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's SMED Methodology. *IEEE Transactions on engineering management*.

McIntosh, R., Culley, S., & Owen, G. (2000). A critical evaluation of Shingo's SMED methodology. *International Journal of Production Research*.

Meirelles, F. M. (2004). *Implantação da troca rápida de ferramentas em uma indústria siderúrgica*. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Moreira, A. C., & Pais, G. C. (2011). Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*.

Neves, T. F. (2015). *Proposta de implementação de uma metodologia SMED numa metalomecânica*. Aveiro.

Pereira, V. N. (2016). *Estudo e Implementação da Metodologia SMED para a Redução de Tempos de Setup em Linhas de Produção de Componentes Eletrónicos*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Pinto, J. Q. (2009). Modelo de implementação do pensamento JIT - Uma abordagem prática aos conceitos. *Publindustria Edições Técnicas*.

Santos, L. d. (2014). *Aplicação da ferramenta SMED em uma linha de embalagem de medicamentos*. Lorena.

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press.

Timasani, R., Mahesh, N. S., & Doss, K. (2011). Reducing the set-up time in a CNC machining line using QCO methods . *SASTECH Journal*.

Zarbock, T., Lehmann, F., & Fellendorf, J. (2006). Holistic Cycle Time Analysis and Improvement Project within a 200mm Lithography I-line Production Area. *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference*.