



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências da Engenharia

Implementação da metodologia SMED numa empresa do sector da indústria automóvel.

Tiago Filipe Teixeira Bidarra

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em:
Engenharia e Gestão Industrial

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor João Carlos Oliveira Matias

Covilhã, Outubro de 2011

Dedicatória

À minha família.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor João Carlos Oliveira Matias, pela disponibilidade que teve em me auxiliar e orientar ao longo deste percurso, sempre com dedicação e prestando toda a ajuda necessária.

À minha empresa, que concedeu a oportunidade de desenvolver este trabalho em contexto prático, me forneceu condições de trabalho ótimas para a realização do meu mestrado e para o desempenho profissional em paralelo e, pelo seu contributo inegável no meu crescimento pessoal e profissional.

À minha família pelo crédito, grande esforço e apoio incondicional ao longo desta etapa.

Aos amigos que me apoiaram e em particular ao amigo, colega de mestrado e profissão Tiago Ferreira, pela entreaajuda que sempre houve durante todas as vivências dos últimos anos, pelo desenvolvimento das muitas experiências académicas conjuntas com sucesso, pela cumplicidade na recente aventura profissional e, no fundo, pela partilha das mesmas dificuldades durante esta jornada.

Resumo

Numa época de plena globalização que caracteriza o ambiente dos mercados onde as organizações estão envolvidas, torna-se evidente o aumento da competitividade sem precedentes. As empresas lutam pela sobrevivência perante uma concorrência difícil como a das economias emergentes e procuram satisfazer um mercado cada vez mais exigente e fragmentado.

Torna-se necessário adoptar modelos de gestão inovadores, capazes de fornecer aumento de produtividade com redução de custos, como o caso da filosofia *Lean*.

A indústria automóvel está integrada num dos mercados mais competitivos que existem. Perante esse cenário, torna-se vital reduzir os desperdícios associados aos processos produtivos em todos os sectores recorrendo aos princípios e práticas *Lean*, como o caso da metodologia SMED.

Este trabalho reflecte um projecto de implementação da metodologia SMED numa empresa da indústria automóvel, bem como efectua um estudo dos conceitos associados à metodologia e pretende demonstrar todas as vantagens associadas à sua utilização, como forma de redução de desperdícios.

Palavras-chave

Lean Manufacturing, SMED, Setup, Troca Rápida de Ferramenta

Abstract

In this full globalization era we are living that characterizes the market environment in which organizations are included, it becomes evident the unprecedented increase in competitiveness. Companies struggle for survival against a hard competition, such as the emerging economies and seek to satisfy a more and more fragmented market.

Nowadays it's necessary to adopt innovative management models that can provide increased productivity at minimal cost, such as the Lean Thinking.

The automotive industry is integrated in one of the most competitive existing markets. Given this it's fundamental to reduce the waste in all sectors of the production process, using the good Lean principles and practices, such as the SMED methodology.

This paper shows a project of implement the SMED methodology in a company of the automotive industry, as well as carries out a study of the concepts associated with the methodology and aims to demonstrate all the advantages of its use around a way of reducing waste.

Keywords

Lean Manufacturing, SMED, Setup, Quick Changeover

Índice

1	Introdução	2
1.1	Objectivos.....	3
1.2	Estrutura do trabalho.....	4
2	Revisão de Literatura	7
2.1.1	Da produção artesanal ao TPS.	7
2.1.2	O crescimento do TPS.....	8
2.2	<i>Lean Manufacturing</i>	9
2.2.1	Criar valor e eliminar desperdício.....	10
2.2.2	Os sete tipos de Desperdício	10
2.2.3	Os princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.4	A estrutura do LM:.....	13
2.2.5	Visão sobre as ferramentas LM	14
2.3	A metodologia SMED	17
2.3.1	Enquadramento histórico.....	17
2.3.2	O ponto de partida do SMED	17
2.3.3	O impacto da redução dos <i>setups</i> no tamanho dos lotes.	18
2.3.4	As vantagens em aplicar o SMED	19
2.3.5	Definir os <i>targets</i> da redução dos tempos de troca de referência.	21
2.3.6	O modelo de aplicação do SMED.....	22
2.4	Extensão dos limites de aplicação do SMED:	27
2.4.1	A sequência das produções:.....	27
2.4.2	Optimização dos períodos de <i>run-down</i> e <i>Run-Up</i>	28
2.4.3	A influência do <i>design</i> no sucesso e sustentabilidade do SMED	29
2.4.4	As regras do <i>design</i> de equipamentos	31
2.4.5	Os factores humanos nas trocas de referência	32
2.4.6	O SMED e os 4P.....	33
3	Aplicação do SMED	36
3.1	Descrição da empresa	36
3.2	Cultura organizacional do grupo e da unidade fabril	37
3.3	Conjuntura de implementação do projecto SMED.....	38
3.4	Estrutura do projecto	38

3.5	Plano de implementação do projecto SMED.....	40
3.6	Descrição do processo de estampagem	40
3.7	<i>Layout</i> da zona de estampagem	40
3.8	Recolha de dados sobre <i>setups</i> anteriores	41
3.9	Diagnóstico do processo de <i>setup</i> inicial na prensa 4	42
3.9.1	Impacto das diferentes tarefas e operações no processo de <i>setup</i> :	43
3.9.2	Levantamento de todas as tarefas efectuadas no estado inicial:	44
3.10	Aplicação da metodologia SMED na prensa 4	47
3.10.1	Estagio 1: Separação entre tarefas internas e externas:	47
3.10.2	Estágio 2: Converter tarefas internas em externas:	52
3.10.3	Estagio3: Optimizar todas as actividades do <i>setup</i>	57
4	Considerações Finais	63
4.1	Critica aos resultados obtidos.....	63
4.2	Próximos passos e propostas de melhoria futuras.....	66
4.3	Apreciação final	67
5	Referências Bibliográficas.....	68

Lista de Figuras

Figura 1	Evolução da competitividade das principais organizações do sector automóvel.....	8
Figura 2	Ilustração do rácio de tempo despendido com desperdícios e com acréscimo de valor	11
Figura 3	Os princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	12
Figura 4	Esquema da Casa da Toyota.....	13
Figura 5	Esquema ilustrativo das vantagens em aplicar o SMED.....	19
Figura 6	Produção flexibilizada com lotes mais pequenos e <i>setups</i> mais curtos e frequentes.....	20
Figura 7	Relação benefício/custos das diferentes abordagens para redução dos tempos de <i>setup</i>	22
Figura 8	Ilustração dos vários estágios do SMED e da distribuição do trabalho interno e externo.....	23
Figura 9	Adaptação da casa da Toyota para a estrutura da metodologia SMED.....	27
Figura 10	Representação das etapas da troca de referência e as perdas associadas.....	29
Figura 11	Fluxo da metodologia <i>Design For Changeover (DFC)</i>	31
Figura 12	Relação entre os factores humanos e regras de <i>design</i>	33
Figura 13	Envoltório do 4P aos processos de troca de referência.....	34
Figura 14	Sistemática de implementação de um projecto SMED.....	39
Figura 15	Esquema representativo das várias etapas do plano de implementação do projecto SMED.....	40
Figura 16	<i>Layout</i> da zona de estampagem.....	41
Figura 17	Médias dos tempos de <i>setup</i> na prensa 4 a qual foi o foco do projecto-piloto.....	42
Figura 18	<i>Setups</i> acompanhados na prensa 4 ao longo do primeiro mês do projecto SMED.....	43
Figura 19	Distribuição dos principais consumos de tempo nos processos de <i>setup</i>	44
Figura 20	Distribuição dos períodos de trabalho e de esperas	46
Figura 21	Alterações nas actividades do operador e chefe de equipa, entre o estágio 0 e 1.....	48
Figura 22	Redefinição da tarefa, com separação de trabalho para a fase <i>pré-setup</i> e <i>pós-setup</i>	50
Figura 23	Esquema da distribuição do trabalho e das esperas existentes na linha do tempo.....	51
Figura 24	Fluxo das ferramentas de entrada e de saída antes e após as melhorias do estágio 2.....	52
Figura 25	Alterações nas actividades do operador e chefe de equipa, entre o estágio 1 e 2.....	53
Figura 26	Transferência de actividades após <i>setup</i> para o chefe de equipa, entre estágio 1 e 2.....	55

Figura 27	Esquema síntese das melhorias obtidas entre o estágio 1 e o estágio 2.....	56
Figura 28	Solução técnica que permitiu otimizar a operação de limpeza da mesa.....	57
Figura 29	Divisão da tarefa de limpar a sucata entre operador e chefe de equipa.....	58
Figura 30	Divisão de tarefas e reorganização da sequência.....	58
Figura 31	Reorganização da sequência de tarefas.....	59
Figura 32	Esquema síntese das melhorias obtidas ao longo de todos os estágios da metodologia.....	60

Lista de Tabelas

Tabela 1	Distribuição das diversas ferramentas/metodologias <i>Lean</i> por categorias.....	15
Tabela 2	Principais ferramentas/metodologias no âmbito do <i>Lean Manufacturing</i>	16
Tabela 3	Impacto dos tempos de <i>setup</i> elevados no tempo de produção por peça.....	18
Tabela 4	Impacto dos tempos de <i>setup</i> reduzidos no tempo de produção por peça.....	19
Tabela 5	Listagem de ferramentas e técnicas aplicadas nos vários estágios do SMED.....	26
Tabela 6	Factores que influenciam o sucesso e a sustentabilidade da aplicação do SMED...	30
Tabela 7	Regras de <i>design</i> para equipamentos otimizados em trocas rápidas de referêcia.....	32
Tabela 8	Síntese das principais características da empresa.....	36
Tabela 9	Tempos e frequências médias de <i>setup</i> levantadas dos 8 meses anteriores ao projecto.....	42
Tabela 10	Lista das tarefas e sequência das mesmas no estado inicial do projecto.....	45
Tabela 11	Aumento das tarefas efectuadas pelo chefe de equipa antes de a máquina ser parada para efectuar o <i>setup</i>	47
Tabela 12	Evolução dos tempos associados ao estágio preliminar e estágio 1.....	51
Tabela 13	Alterações nas tarefas de preparação do <i>setup</i> entre o estágio 1 e 2.....	54

Lista de Acrónimos

5s	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
JIT	Just In Time
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
OEM	Original Equipment Manufacturer
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work In Progress



Capítulo 1

Introdução

1 Introdução

Se durante décadas as fio a produção em massa foi o pilar estrutural da competitividade das organizações, nomeadamente aquelas da indústria automóvel que produziam em larga escala, na conjuntura de há quatro décadas a esta parte, o paradigma mudou drasticamente para uma produção mais diversificada, em quantidades menores, com especial ênfase na qualidade e não na quantidade(Womack, *et al.*, 1991).

A década de 1970 está associada à crise do petróleo e por sua vez a um cenário mundial em que as empresas tiveram que rever os seus modelos produtivos, para fazer face à queda significativa na procura e manter a competitividade, com a concorrência que ia aumentando na crescente abertura dos mercados (Pinto, 2009b). Aliado a isso, o preço deixou de ser imposto pelo produtor para ser definido pelo mercado. Esta variável contribui também para a necessidade de ajuste na gestão das organizações, induzindo obviamente a redução de custos produtivos por forma a garantir as margens de lucro, que perante um modelo tradicional seria impraticável em escalas de produção reduzidas.

A mudança nos padrões comportamentais dos mercados contribui com uma procura mais reduzida e fragmentada que pretende ser satisfeita em menos tempo. Tornou-se então pertinente o aumento da eficiência dos sistemas produtivos reduzindo os desperdícios em todos os aspectos (Levinson, 2002).

A indústria automóvel Japonesa, com destaque particular para a Toyota, tinha-se desenvolvido lentamente dentro deste tipo de princípios, especialmente devido à conjuntura interna do país ao longo da sua jornada de modernização industrial. A partir da década de 1980 o sistema eficiente de produção que a Toyota desenvolveu e cimentou, tornou-a capaz de competir ao mais alto nível com as grandes marcas Europeias e Norte Americanas, que estavam em dificuldades evidentes em saltar o patamar do paradigma produtivo tradicional. É baseado no sucesso da indústria automóvel Japonesa que surge o modelo de gestão *Lean Manufacturing*, a partir do momento que organizações industriais começam a adaptar as práticas nipónicas para retomar e garantir a sua competitividade(Womack, *et al.*, 1991).

O sucesso desse modelo de gestão permite-lhe transplantar-se dos ambientes industriais para os diversos sectores de actividade, sendo mais abrangente enuncia-lo como *Lean Thinking* (Pinto, 2009a).

Nos ambientes industriais da actualidade a eliminação de desperdício por forma a concentrarem-se ao máximo nas actividades de valor acrescentado, passa frequentemente pela diminuição do tempo de paragem dos seus equipamentos. A par disso, a diversificação dos produtos e as encomendas reduzidas levam as empresas a ter que otimizar os seus processos de *setup*, nos equipamentos para produzir as diferentes referências necessárias. Tornar os *setups* mais rápidos é manter a máquina menos tempo parada, ao mesmo tempo que converge com a necessidade de diminuir as operações de valor não acrescentado.

A metodologia SMED surge no sistema de produção da Toyota e é nos dias de hoje uma das metodologias integradas no modelo do *Lean Manufacturing*.

Aborda um conjunto de técnicas como forma de minimizar os tempos de *setup*, contribuindo para a diminuição dos tempos de paragem dos equipamentos, aumentando o rendimento da produção.

Os *setups* embora não acrescentem valor são, regra geral, fundamentais nos meios industriais. Dependendo da diversidade de produtos e das respectivas quantidades, a rapidez nas actividades de troca de referência que englobam o *setup*, pode ser vital quando se trata do sucesso ou insucesso de uma empresa na sua prestação, perante os clientes.

1.1 Objectivos

O objectivo deste trabalho é o de demonstrar o desenvolvimento de um projecto-piloto para redução dos tempos de *setup*, no processo de estampagem de uma unidade fabril produtora de componentes metálicos, que pertence a um grupo industrial do sector automóvel, através da implementação da metodologia SMED. Perante a aplicação em contexto prático desta metodologia surgem também algumas questões às quais se vai tentar responder ao longo deste trabalho:

1. A metodologia SMED tem uma estrutura de 3 estágios rigorosa e inflexível, ou as melhorias aplicadas podem abranger vários estágios de forma conjunta?
2. Comprova-se no contexto real que apenas com a reorganização de trabalho e criação de método, a metodologia SMED pode alcançar ganhos em tempo de *setup* acima dos 50%?
3. Qual o grau de aproveitamento do potencial de melhoria que a empresa obtém pela aplicação da metodologia SMED?

A unidade fabril está em fase de integração de novos projectos e encontra-se perante o aumento nas previsões de encomendas para os próximos anos, dos clientes responsáveis pelos maiores volumes de facturação actual. Perante a necessidade de aumentar a produtividade interna, tornou-se estratégico rever os processos em diversas vertentes, entre as quais, a optimização da performance dos *setups* nos equipamentos existentes.

A consciência das vantagens do modelo *Lean Manufacturing* reflecte-se na unidade fabril, que procura através de ferramentas *Lean*, como a aplicação do SMED deste caso concreto, otimizar o seu sistema interno, por forma a manter se competitiva no contexto produtivo actual e futuro.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho inicia-se com uma revisão de literatura no **capítulo 2** que viaja em torno do *Lean Manufacturing*, focando as suas vantagens e metodologias de implementação, no sentido de fornecer uma visão global sobre esse modelo de gestão exemplar dos ambientes industriais. Partindo desse cenário geral desenvolve-se um estudo mais aprofundado no ramo da metodologia SMED na medida em que a sua implementação é o objecto de estudo presente, completando a criação de um *background* sólido na compreensão dos conceitos, respectiva utilidade e contexto prático de implementação.

Parte-se da referência às origens do *Lean Manufacturing*, no **subcapítulo 2.1**, reflectindo a conjuntura do seu surgimento e as vantagens que apresentou, perante o modelo produtivo tradicional, para justificar o seu crescimento e generalização.


De seguida, o **subcapítulo 2.2** estabelece uma revisão de literatura que se inicia com a introdução aos principais conceitos associados ao *Lean*, ao nível do seu âmbito e das ferramentas e metodologias envolvidas, em redor da sua aplicação em ambientes industriais, permitindo dar o conhecimento da sua diversidade e carácter sinérgico, com uma finalidade em comum: - maximizar o valor do produto/serviço e aumentar o grau de competitividade.

Posteriormente, no **subcapítulo 2.3** apresenta-se o estado da arte da metodologia SMED enquanto parte integrante do *Lean Manufacturing*, desde que surgiu na sua concepção inicial, passando pelas críticas feitas ao modelo original e às possibilidades de tornar a metodologia mais abrangente nas melhorias que permite alcançar. Aqui é possível adquirir uma visão mais focada sobre aquilo em que consiste o SMED e o tipo de melhorias que pode

proporcionar, de acordo com a profundidade da sua aplicação, estabelecendo a ponte conceptual para o trabalho prático do capítulo 3.

No **capítulo 3** apresenta-se o desenvolvimento do projecto-piloto de aplicação do SMED na empresa, apresentando nas etapas sucessivas as melhorias implementadas e os respectivos resultados.

No último capítulo, enunciam-se as críticas e considerações finais perante os resultados da aplicação do SMED, bem como se apresenta um conjunto de oportunidades de trabalho futuro deixadas em aberto após o desenvolvimento do projecto.



Capítulo 2 Revisão de literatura

2 Revisão de Literatura

2.1.1 Da produção artesanal ao TPS.

Na segunda metade do séc. XIX a indústria existente centrava-se no conceito artesanal, das oficinas com volumes de produção reduzidos de acordo com os requisitos individuais de cada cliente. Os artesãos possuíam *know-how* sobre o produto e sobre as tecnologias envolvidas no seu fabrico, e os indivíduos estavam envolvidos no processo desde as matérias-primas até ao acabamento final. Os custos de produção eram elevados e os produtos eram destinados a um mercado muito restrito de pessoas abastadas. À medida que a oferta ia aumentando, a procura mantinha-se com índices semelhantes o que não favorecia a sustentabilidade deste mercado

O século XX trouxe a produção em massa a qual tem em Henry Ford o nome mais sonante, sem descurar outros gestores de grande impacto como Taylor e Sloan. Agora, o automóvel não era mais produzido em oficinas por artesãos, como uma peça única do princípio ao fim. Ford tornou possível a reprodução de um mesmo modelo, decomposto em peças produzidas de forma padronizada e em escala gigantesca, numa linha de montagem. Os custos unitários desceram drasticamente ao serem diluídos em volumes de produção elevadíssimos e o mercado alvo era a classe média. Em meados dos anos 1950's a produção em massa Americana estava no pico máximo do seu amadurecimento, quando começou a sentir o aumento de competitividade das organizações Europeias até à década de 1970.

Paralelamente engendrava-se no extremo oriente o que mais tarde viria dar origem ao *Lean Manufacturing*. A sua génese foi o Japão, numa empresa de teares para o mercado têxtil, cujo proprietário era o engenheiro *Eiji Toyoda*, que a partir do final da década de 1930 se dedicou à indústria automóvel a pedido do governo nipónico. A empresa de teares muda o seu nome para *Toyota Motor Company* e direccionava-se essencialmente para camiões e outros veículos para as necessidades bélicas de então. Até à década de 1950 este sistema de produção mantinha-se rudimentar e pouco optimizado, com outputs relativamente baixos. Contudo após o término da II Guerra Mundial, graças ao trabalho árduo de *Taiichi Ohno* e *Shigeo Shingo*, a Toyota começou a dar os passos para optimizar o seu sistema de produção de forma efectiva e para abranger o mercado automóvel como um todo. Estava portanto em fase de crescimento e desenvolvimento o Toyota Production System - TPS, (Womack, *et al.*, 1991; Ohno, 1988)

2.1.2 O crescimento do TPS

Ohno e Shingo estudaram e implementaram algumas práticas do sistema de produção Ford, porém identificaram-lhe alguns problemas e incompatibilidades com a realidade nipónica. Um dos problemas apontados era o não envolvimento dos operadores na qualidade do produto. Com efeito, no TPS os operadores são uma parte activa e importante do sistema, com uma componente de responsabilidade e autonomia bastante presentes no que toca à qualidade.

Em termos de incompatibilidades:

1 - O mercado automóvel Japonês além de pequeno, era altamente diversificado, procurando carros desde alta gama, a veículos utilitários, carros de transporte de cargas, automóveis compactos para os acessos apertados característicos das suas cidades, e note-se veículos económicos para colmatar os custos elevados do combustível no Japão.

2 - O estado económico do Japão era frágil, muito por causa da XX Guerra Mundial e a capacidade de investimento intenso na industrialização em massa não era possível. (Womack, *et al.*, 1991)

Era necessário um sistema de produção flexível e ágil, para produzir pouco e bem, com grande diversidade, com recursos restritos e com preços competitivos. Com efeito, foi esse o foco do TPS e foi baseada nesse paradigma que a indústria nipónica começou a emergir de forma sustentável e a explorar o mercado internacional, ganhando uma margem competitiva bastante evidente a partir da década de 1980 como se pode ver na figura 1 abaixo.

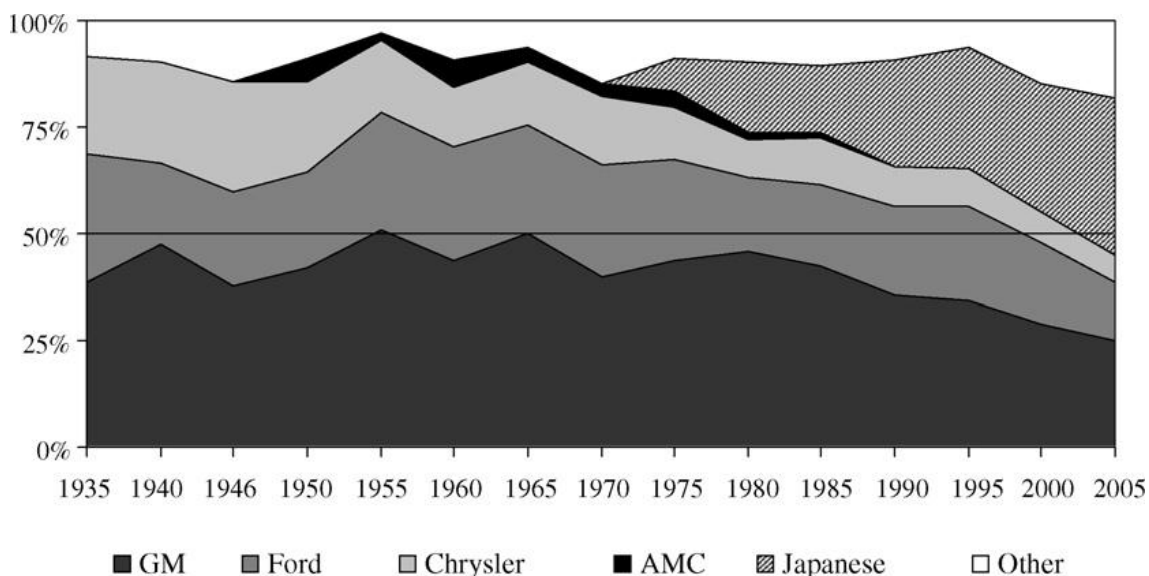


Figura 1 – Evolução da competitividade das principais organizações do sector automóvel (retirada de (Womack, *et al.*, 1991).

O sucesso do TPS além-fronteiras deveu-se essencialmente à estagnação do sistema de produção em massa após o amadurecimento dos sistemas Americano e Europeu, aliada ao período de agravamento económico pós crise petrolífera da década de 1970. Era claramente visível a necessidade da mudança de paradigma, para devolver competitividade às organizações e prosperidade aos mercados. (Womack, *et al.*, 1991; Ohno, 1988). As práticas da Toyota começaram a despertar interesse das restantes organizações mundiais que a viam crescer, e foram-nas adaptando aos seus sistemas de modo a aumentar os seus índices competitivos. Desta forma, estava em marcha a criação de um novo paradigma produtivo baseado no sucesso ascendente do TPS: - o *Lean Manufacturing* (Chen, *et al.*, 2010).

2.2 *Lean Manufacturing*

O TPS revolucionou a indústria automóvel e o seu sucesso transformou-o num sistema produtivo altamente eficiente no que toca à eliminação de desperdícios e flexibilização da produção sempre focada na qualidade (Braglia, *et al.*, 2006). O *Lean Manufacturing* - LM ocorre como um modelo com origem nos pressupostos do TPS, aplicado à indústria no geral e estendendo-se a todos os outros sectores de actividade económica, como bancos, TI, saúde, ou instituições governamentais. No fundo além de um conceito de *Lean Manufacturing* existe um outro que abrange todas as organizações fora da produção industrial: o *Lean Thinking* (Pinto, 2009a)

O fundamental é manter presentes os princípios *Lean* ou magros na tradução para português, o que remete para uma optimização dos recursos em todos os sectores, maximizando a entrega de valor sob a forma de produto/serviço com o mínimo de recursos (Liker, 2004). Essa minimização de excessos ou gorduras é suportada pela integração de um conjunto de ferramentas e metodologias, baseadas numa cultura de aperfeiçoamento constante e melhoria contínua (Cabrita, 2009) e deve abranger todas as áreas da organização, desde a produção, vendas, compras, finanças, recursos humanos (Womack, *et al.*, 2005).

2.2.1 Criar valor e eliminar desperdício.

É claramente necessário compreender a diferença entre estes dois conceitos fundamentais do *Lean Manufacturing*. A definição mais corrente e sucinta de valor apresenta-se como a compensação do que recebemos em troca do que pagamos, mas efectivamente atribui-se valor a coisas pelas quais se tenha pago nada. Dessa forma, o valor pode ser entendido como aquilo que justifica atenção, tempo e esforço dedicado a algo (Pinto, 2009a). No ponto de vista das organizações criar valor é ir ao encontro das expectativas dos clientes e de todos os *stakeholders*. O desperdício resulta de todas as actividades que não acrescentam valor (Shahin, *et al.*, 2010). Naturalmente que elas estão associadas ao consumo de recursos e de tempo e dado que não acrescentam valor, o objectivo é eliminar estes consumos. Reduzir e caminhar no sentido de eliminar o desperdício, pode reflectir-se de várias formas. Por um lado, permite a uma empresa entregar o mesmo valor pelo menor preço possível, ou então entregar mais valor pelo mesmo preço. Com efeito, é aqui que as empresas podem encontrar a sua vantagem competitiva. “*A vantagem competitiva mede-se pelo valor que criamos e por aquilo que pedimos em troca, e quanto mais favorável for esta relação para o cliente, maiores as hipóteses de vencer no mercado.*” (Pinto, 2009a p2).

2.2.2 Os sete tipos de Desperdício

Os autores (Hicks, 2007; Womack, *et al.*, 1996), referem a existência de sete tipos de desperdício, categorizados da seguinte forma:

1. Excessos de produção: Quando a produção continua por mais tempo do que o necessário, o que resulta em *stocks* mais elevados, consumo de mais recursos de produção, controlo, movimentação e armazenamento.
2. Esperas: Por exemplo, quando as actividades não estão correctamente balanceadas.
3. Transportes e movimentações: Como no caso de transporte e movimentação de *WIP* de um posto para outro. O transporte deve ser minimizado uma vez que não acrescenta valor ao processo, mas por outro lado consome tempo.
4. Sobreprocessamento: Pode-se apresentar como actividades de retrabalho, resultantes de processos deficientes ou falta de conhecimento dos operadores.
5. *Stocks*: Relativo a todo o *stock* além do estritamente necessário para satisfazer os pedidos do cliente. Nisto inclui-se matéria-prima, *WIP*, e produto acabado.

6. Trabalho desnecessário: Tudo o que resulta de movimentações excessivas de operadores e/ou máquinas.
7. Defeitos: Produto/ serviço com características que não correspondem às especificações almejadas ou ficam abaixo das expectativas do cliente, traduzindo-se em insatisfação.

De facto, desde a entrada da matéria-prima até à saída do produto acabado, grande parte do tempo (*Lead Time*) é consumido sob a forma de desperdício. A figura 2 ilustra a relação entre o tempo em que se acrescenta valor no serviço/produto e o tempo gasto em desperdícios. A redução do *Lead Time* é uma vantagem evidente da implementação do *Lean Manufacturing*, procurando diminuir o tempo desperdiçado e garantir uma maior agilidade perante os clientes bem como maior flexibilidade produtiva e diferenciação.

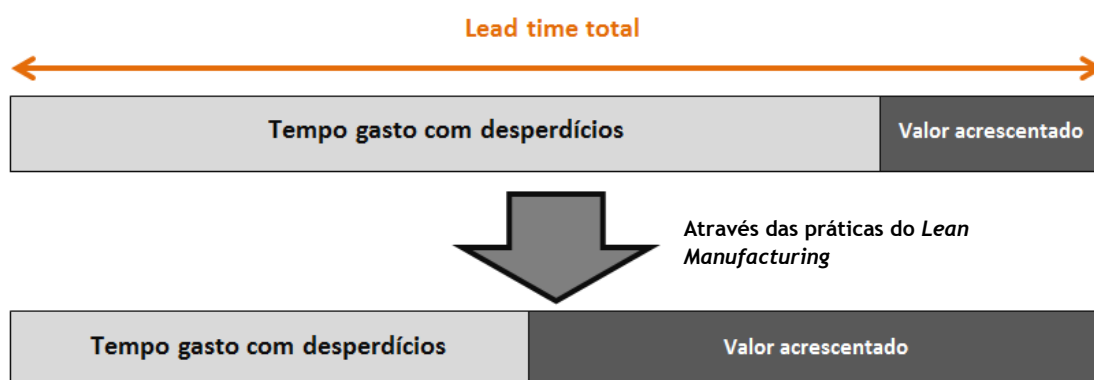


Figura 2 – Ilustração do rácio de tempo despendido com desperdícios e com acréscimo de valor ao produto/serviço. Adaptado de (Pinto, 2009b) (Womack, *et al.*, 1996).

2.2.3 Os princípios do *Lean Manufacturing*

Os princípios que constituem e caracterizam o *Lean Manufacturing* podem ser distinguidos em 5 categorias segundo (Van Landeghem, *et al.*, 2007; Womack, *et al.*, 1996):

1. Definir o valor: Especificar aquilo que é realmente valor, sempre do ponto de vista do cliente;
2. Identificar a cadeia de valor: Fazer o levantamento de toda a cadeia de valor, para os produtos ou famílias de produto, identificando as actividades que acrescentam valor e eliminando os desperdícios;
3. Criar/ otimizar o fluxo: Depois do desperdício eliminado, estabelecer um fluxo produtivo assente nas actividades de valor acrescentado;

4. Implementar o “pull”: O cliente tem que “puxar” para si o valor, isto é, deve ser apenas e só fornecido ao cliente, aquilo que ele quer estritamente quando quer.
5. Caminhar para a “perfeição”: O processo é cíclico. É preciso melhorar continuamente, eliminando o desperdício que vai ficando “camuflado”.

A figura 3 demonstra os cinco princípios do LM. Numa perspectiva mais abrangente e generalizada, este conjunto de cinco pode ser enriquecido com outros dois princípios nomeadamente: conhecer todos os stakeholders e inovar sempre.

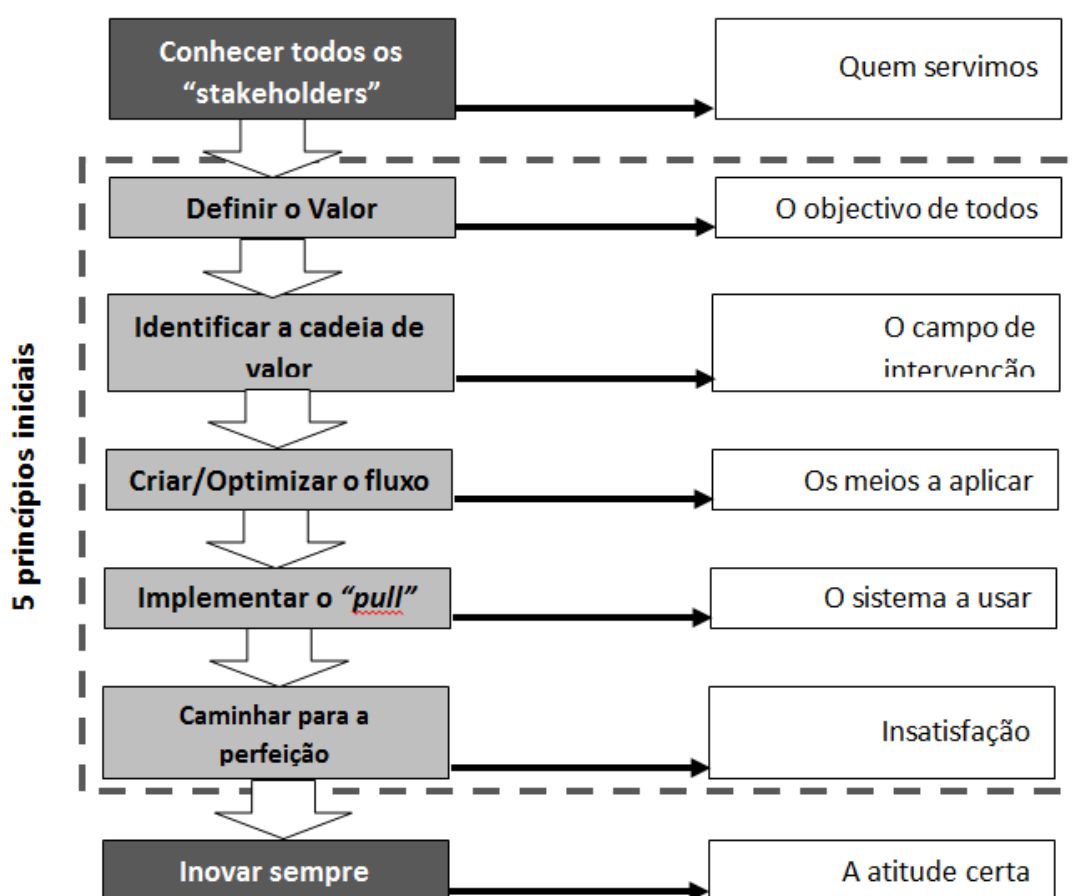


Figura 3 – Os princípios do *Lean Manufacturing*, adaptada de (Pinto, 2009a).

2.2.4 A estrutura do LM:

A forma como se estrutura o *Lean Manufacturing* provém dos elementos fundamentais que caracterizam o TPS. A melhor forma de descrever essa estrutura é efectivamente com a analogia de uma figura em forma de casa ou edifício na qual se evidenciam as características e ferramentas que constituem as bases e os pilares estruturais, do Sistema Produtivo Toyota, conforme abaixo ilustrado na figura 4.

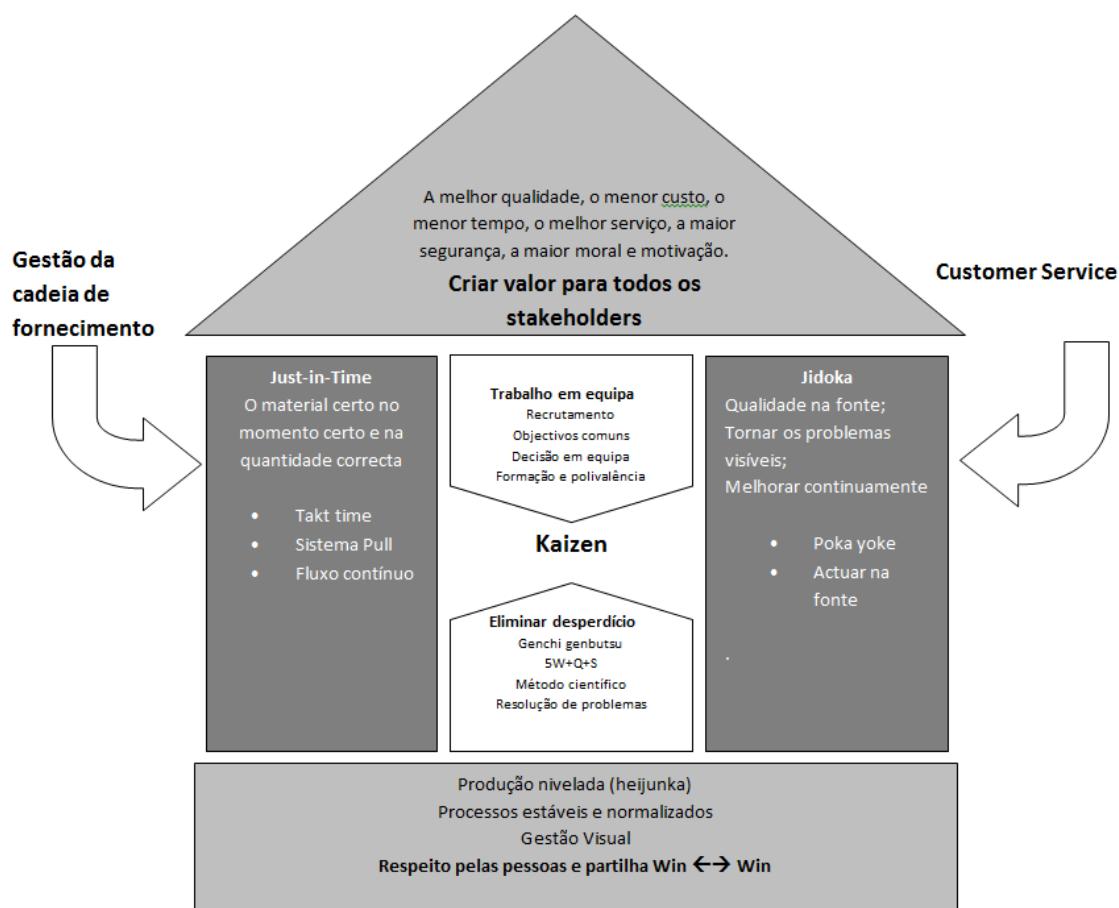


Figura 4 – Esquema da Casa da Toyota, demonstrando a estrutura do seu sistema produtivo e por analogia, a estrutura do *Lean Manufacturing*. Adaptada de (Schroeder, 2008; Pinto, 2009a)

Os dois pilares fundamentais do sistema são claramente o *Just-In-Time* e o *Jidoka* (Ohno, 1988) , que encerram um conjunto de ferramentas aplicáveis. Não obstante, todos os elementos constituintes do TPS funcionam de forma sinérgica e interligada e essa dinâmica é equilibrada com princípios simples e imutáveis, com a minimização da variabilidade, a padronização e estabilização de processos, a uniformização e o nivelamento, mas acima de tudo, garantida através do respeito pelas pessoas, da capacidade de as gerir,

de as autonomizar, de utilizar o seu potencial e de as motivar, sempre num contexto de trabalho em equipa (Ohno, 1988; Treville, *et al.*, 2006).

Just-In-Time: Assenta na lógica de que todos os componentes devem chegar à linha de montagem no momento correcto e na quantidade necessária, para a encomenda do cliente, permitindo trabalhar num ambiente de *stocks* nulos. Trata-se de um sistema produtivo no qual a variabilidade dos processos tem que ser mínima, a qualidade tem que ser óptima, tal como a disponibilidade dos equipamentos.

Jidoka: O objectivo é dar autonomia à máquina automática, para que esta detecte anomalias no processo, pare em caso de detecção e/ou possa corrigir eventuais problemas e reparar parâmetros iniciais. Assim consegue-se separar o operador da máquina, e transferir actividades manuais e mentais do Homem, podendo evoluir desde um conceito 1 operador - 1 máquina, para o conceito 1 operador - várias máquinas, garantindo o controlo de qualidade na fonte (Ohno, 1988).

Ao edifício baseado no TPS anexam-se dois elementos de elevada importância, que o enriquecem a estrutura do *Lean Manufacturing*: - A Gestão da Cadeia de Fornecimento e o Enfoque no Serviço ao Cliente. Com efeito, a maximização de entrega de valor ao cliente deve ser um dos motivos principais de existência das organizações, mas para que tal aconteça, é necessário efectuar uma gestão da cadeia de fornecimento optimizada e tirar partido de uma relação de ganho mútuo entre a organização e todos os *stakeholders* (Pinto, 2009a).

2.2.5 Visão sobre as ferramentas *Lean Manufacturing*

A constante perseguição ao desperdício e à sua eliminação é apoiada por diversas ferramentas que trabalham de forma interligada. Além de se tratar de um conjunto sinérgico, algumas dessas ferramentas estão agrupadas em campos de influência, senão veja-se a tabela 1 que distribui as ferramentas *Lean* em várias categorias segundo (Pettersen, 2009).

Não existe contudo uma generalização que defina claramente o grupo de todas as ferramentas que fazem parte do *Lean* e de facto, segundo (Pettersen, 2009) há autores que enfocam mais em determinadas ferramentas em detrimento de outras. De todo o conjunto, o mais importante para as organizações é determinar qual ou quais as ferramentas *Lean* mais adequadas ao seu ambiente e aos seus objectivos, de modo a que os resultados surtam efeitos positivos e úteis (Abdulmalek, *et al.*, 2007).

Grupo/Categoria	Ferramenta/Metodologia
Produção Just In Time	Heijunka (produção nivelada)
	Kanban
	Processos sincronizados
	Planeamento de acordo com takt time
Redução de recursos	Redução do tempo de <i>setup</i> (SMED)
Gestão de recursos humanos	Trabalho em equipa
	Formação e treino polivalente
	Envolvimento de operadores
Estratégias de melhoria	Kaizen
	Análise das causas raiz (5 porquês)
Controlo de defeitos	Jidoka (automação)
	Poka Yoke (prevenção de falhas)
	Andon (paragem de linha)
Gestão da cadeia de valor	VSM
	Envolvimento dos fornecedores
Standardization (padronização)	5S
	Trabalho Standard
	Gestão Visual
Gestão científica	Planeamento Hoshin Kanri
	Estudo de Métodos e Tempos
	Redução de mão de obra
	Ajustes de Layout
	Produção em células de trabalho
Técnicas integradas	SQC - controlo estatístico de processo
	TPM

Tabela 1 – Distribuição das diversas ferramentas/metodologias *Lean* por categorias (Pettersen, 2009),

Destaquem-se porém na tabela 2, dentro das variadas ferramentas *Lean* aquelas que serão mais notáveis de acordo com (Carvalho, 2010)

VSM - Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor)
5S
Heijunka
Poka-yoke
Kanban
Kaizen
Padronização de tarefas (Standard Work)
TPM – Total Productive Maintenance
Técnica dos 5 Porquês
Gestão visual
SMED

Tabela 2 – Principais ferramentas/metodologias no âmbito do *Lean Manufacturing* (Carvalho, 2010).

Além do conhecimento das ferramentas *Lean* mais adequadas ao ambiente industrial de uma organização, é necessário que a mesma tenha consciência que a implementação das mesmas significa uma mudança cultural, (Lixia, *et al.*, 2010). A gestão tem que estar comprometida com essa mudança cultural, e a sua estratégia tem que ser alinhada com a aplicação do *Lean Manufacturing*, porque caso assim não seja, o risco do insucesso na implementação é elevado e a eficácia das ferramentas e da filosofia *Lean* será posta em causa e abandonada erradamente (Chen, *et al.*, 2010). Com efeito, a cultura organizacional tem que se comprometer com a obtenção de ganhos no longo prazo, pois a melhoria continua não surte efeitos imediatos. A tentativa de obter ganhos rápidos com a implementação de ferramentas *Lean*, quanto muito pode originar pequenas melhorias localizadas, mas que não trazem vantagens significativas, nem reflectem melhorias sustentáveis à organização como um todo. Isso deve-se a uma lacuna na compreensão dos verdadeiros propósitos do *Lean Manufacturing* e também do verdadeiro potencial do mesmo quando as suas ferramentas são aplicadas de forma estratégica e assertiva (Mohanty, *et al.*, 2007) .

2.3 A metodologia SMED

2.3.1 Enquadramento histórico

O automóvel é constituído por inúmeras peças metálicas estampadas. Para produzir essa diversidade e em quantidades grandiosas era necessário um conjunto alargado de prensas dedicadas, de acordo com a premissa do sistema produtivo Americano. A Toyota produzia poucas quantidades de automóveis com elevada diversidade, além de ambicionar fabricar os diversos componentes constituintes do carro nos mesmos equipamentos, evitando ter que adquirir máquinas específicas e dedicadas. Era portanto necessário efectuar a troca de moldes e ferramentas mais frequentemente. Ao aumentar a frequência das operações de *setup*, ficava claro a pertinência de agilizar esse processo. No sistema de produção em massa, as prensas produziam a mesma referência por períodos muito prolongados, ou então eram efectivamente prensas dedicadas a um componente em exclusivo. As operações de *setup* eram muito demoradas, podendo demorar dias inteiros, requerendo a intervenção de indivíduos especializados na operação. O que Ohno, (1988) e Shingo (1985) pretendiam era que os *setups* se tornassem operações rápidas e simples de fazer. Além do mais, pretendia que fossem feitas pelos próprios operadores da fábrica, ocupando este recurso que supostamente ficaria disponível durante o *setup* se fosse feito por especialistas. Para tal, era necessário implementar técnicas, desenvolver sistemas e mecanismos, formar os operadores, treiná-los e motivá-los. Estava aqui a nascer a metodologia SMED (Ohno, 1988). A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) foi desenvolvida nos anos entre os anos 1950s e 1960s, por Shigeo Shingo (Sugai, *et al.*, 2007). Desenvolvida no âmbito do TPS para agilizar as trocas de referência de fabrico, otimizando os processos, flexibilizando-os e ao mesmo tempo reduzindo custos, resulta numa das várias formas de procurar reduzir desperdício e maximizar valor, no âmbito do *Lean Manufacturing*. “A finalidade deste método não é mais que a redução dos tempos de mudança de série, aplicando uma metodologia de reflexão progressiva que vai desde a organização do posto de trabalho até à automatização.” (Pinto, 2009b p.88)

2.3.2 O ponto de partida do SMED

O foco primordial da metodologia SMED está na redução dos tempos de *setup* (Shingo 1985), mas para uma compreensão mais clara é necessário evidenciar esse conceito de *setup*.

Em termos de definição, segundo (Schroeder, 2008) o *setup* consiste na troca de referência em produção, numa máquina ou numa série de máquinas

interligadas, pela troca de peças, ferramentas, moldes e/ou apertos. O tempo de *setup* está portanto, limitado ao período entre a produção da última peça da referência de saída e a produção da primeira peça, com qualidade, da referência de entrada (Min, *et al.*, 2007). Dentro desse período, associado a perdas por paragem de equipamento e não produtividade, Shigeo Shingo efectua a divisão em dois tipos de *setup*: - o *setup* interno e o externo, (Shingo 1985; Cakmakci, *et al.*, 2007).

2.3.3 O impacto da redução dos *setups* no tamanho dos lotes.

Quando os tempos de *setup* são elevados, os lotes produzidos serão também grandes, o que implica uma gestão de *stocks* elevados. O tempo de *setup* vai sempre reflectir-se na produção da máquina, neste caso sob a forma de tempo de produção por peça. Veja-se a relação apresentada na tabela 3. Se o tempo de troca de referência é muito elevado é necessário aumentar o tamanho do lote no sentido de diluir o tempo do *setup* por mais peças, e assim, minimizar o tempo de produção unitário (Shingo 1985; Eroglu, *et al.*, 2007).

Tempo de <i>setup</i>	Tamanho do lote	Tempo de produção unitário	Output unitário	Rácio	Rácio
4h	100	3.4 min	1 min	100	-
4h	1000	1.24 min.	1 min	36	100
4h	10000	1.024 min	1 min	30	83

Tabela 3 – Impacto dos tempos de *setup* elevados no tempo de produção por peça. O mesmo raciocínio é aplicável ao custo por peça, retirada de (Shingo 1985).

No entanto, à medida que se aumenta drasticamente o tamanho do lote a diluição do tempo de *setup* no tempo de produção unitário vai tendo menos impacto. Repare-se por um lado, que na tabela 3 ao aumentar o lote de 100 para 1000 unidades, a taxa de diminuição do tempo de produção unitário foi de 64%, ao passo que quando o lote aumentou de 1000 para 10000 a taxa foi apenas de 17%.

Por outro lado, com tempos de *setup* reduzidos o impacto no tempo de produção por peça torna-se praticamente insignificante, colocando de parte a pertinência de trabalhar com lotes grandes, conforme está patente na tabela 4 abaixo.

Tempo de <i>setup</i>	Tamanho do lote	Tempo de produção unitário	Output unitário	Rácio
3min	100	1.03 min	1 min	100
3min	1000	1.003 min	1 min	97

Tabela 4 – Impacto dos tempos de *setup* reduzidos no tempo de produção por peça, retirada de (Shingo 1985).

A forma de minimizar o impacto da inactividade das máquinas em troca de ferramentas, não é diluir o seu tempo (e custos associados) num lote estrategicamente aumentado. A forma de resolver isso é efectivamente diminuir esse tempo e não partir do pressuposto que isso seria uma abordagem impossível (Shingo 1985).

2.3.4 As vantagens em aplicar o SMED

Com tempos de *setup* minimizados não há necessidade de trabalhar com lotes elevados o que traz diversas vantagens. Um dos veículos essenciais para atingir esse patamar é o SMED (Shingo 1985) e as vantagens obtidas são no fundo, parte fundamental dos requisitos para uma organização *Lean*, assente no modelo Just-In-Time (Mileham, *et al.*, 2004; Jaber, 2006).

As vantagens em torno da redução dos tempos de *setup* através do SMED podem ser esquematizadas de acordo com o disposto na figura 5:

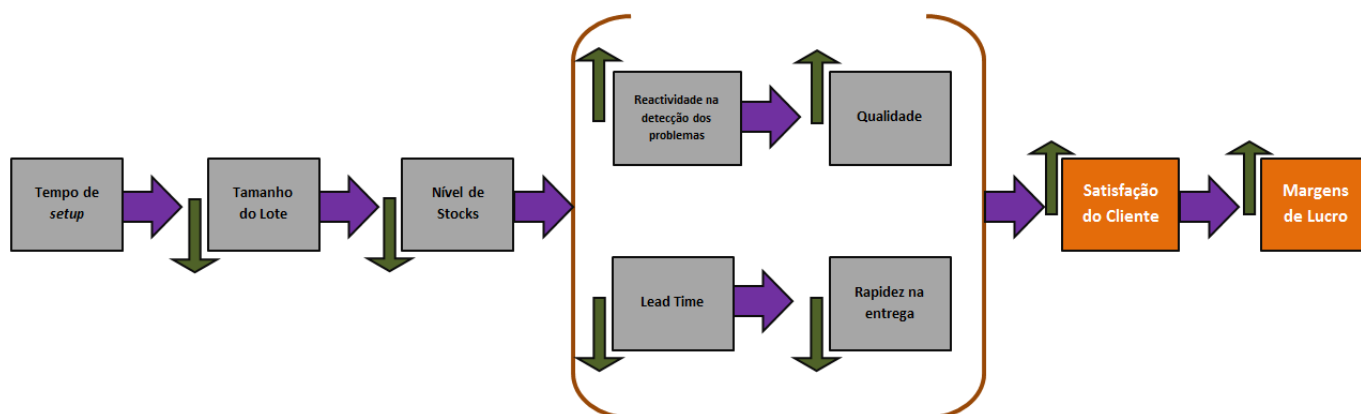


Figura 5 – Esquema ilustrativo das vantagens em aplicar o SMED. Adaptado de (De Albuquerque Maia, *et al.*, 2008; Lopes, *et al.*, 2006).

Os ganhos económicos associados podem ser observados em diversas vertentes. Na diminuição de custos de mão-de-obra envolvida nas longas mudanças, diminuição de custos de gestão de lotes, aumento de tempo útil de produção, aumento de flexibilidade e melhorias na qualidade (Lopes, *et al.*, 2006; Allahverdi, *et al.*, 2008).

Nesta realidade em que o tempo de *setup* não impacta significativamente no tempo de produção unitário, o mesmo se traduz no custo por peça.

Esta mudança de paradigma permite flexibilizar das dimensões dos lotes, libertando o planeamento para responder de forma mais ágil às variações do mercado, produzindo em função do pedido do cliente a preços competitivos, (Meirelles, 2004).

Com efeito, a figura 6 evidencia que aliado à flexibilidade, a optimização pelo SMED permite aumentar a disponibilidade do equipamento, o que contribui para uma produção diferenciada mais eficaz com *leadtimes* reduzidos (Pinto, 2009b).

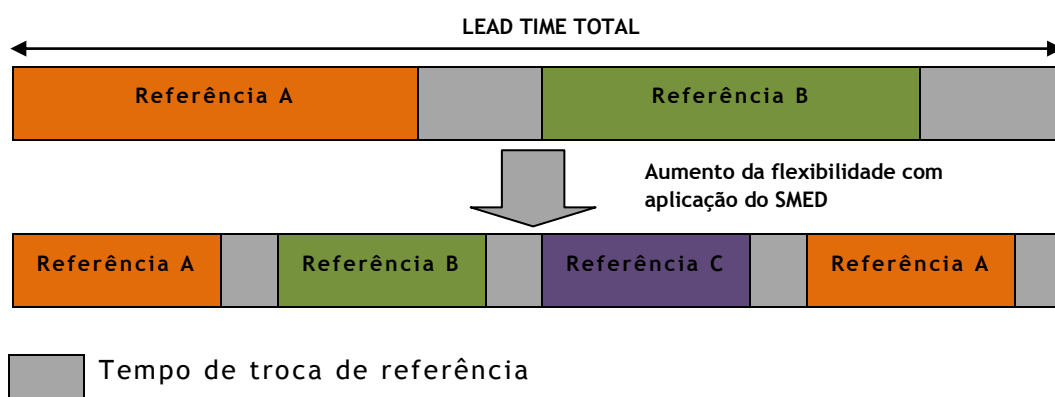


Figura 6 – Produção flexibilizada com lotes mais pequenos e *setups* mais curtos e frequentes. Retirada de (Pinto, 2009b)-

Por outro lado é também evidente que um equipamento mais disponível concede maior capacidade produtiva aos processos. Perante um processo identificado como um *bottleneck*, a aplicação do SMED pode ser uma alternativa à aquisição de novos equipamentos (Meirelles, 2004; Michels, 2007).

As melhorias na qualidade sobressaem ao produzir em lotes mínimos. Isto obriga à eficácia da prevenção da ocorrência do defeito na fonte, por forma a obter um rácio maximizado de peças boas no lote. A frequência de controlo de qualidade pode também ser aumentada, garantindo maior rapidez na actuação sobre a causa raiz, menor propagação dos defeitos e um tratamento de produto não conforme optimizado, que se vai estender a lotes suspeitos relativamente mais pequenos. A aplicação do SMED também leva a criar métodos de trabalho mais simples, o que no ponto de vista qualitativo, favorece a não criação e propagação de erros (Meirelles, 2004). Com a simplificação, eliminação de ajustes e afinações, padronização de tarefas e treino, diminui-se a variabilidade do processo, sendo isto um contributo significativo para a prevenção de problemas na fonte.

Muitas vezes, é necessário investir para conseguir alcançar *setups* mais rápidos, porém, a vantagem é que esse não é o requisito principal. Com efeito, criar e implementar modos operatórios bem definidos, formar as pessoas, efectuar modificações simples nos equipamentos e no *layout*, definir fluxos otimizados, apresentam-se como todo um conjunto de melhorias capazes de conduzir à implementação do SMED de forma notória, criando valor sem investimentos de ordem significativa (Pinto, 2009b).

2.3.5 Definir os *targets* da redução dos tempos de troca de referência.

Os objectivos de reduzir os tempos de troca de referência devem ser consistentes e estar alinhados com a estratégia da organização. O potencial de melhoria de competitividade que se pode obter tem que ser do conhecimento claro da gestão de topo e estar alinhado com a estratégia da organização, de modo a ditar o seu grau de comprometimento (Fogliatto, *et al.*, 2003). O estabelecimento das metas a atingir com vai ter que ser balanceado entre a necessidade e os próprios limites da organização, em particular em termos de investimento:

- Adquirir novos equipamentos concebidos para ter tempos de troca de referência mínimos - investimento elevadíssimo e resultados ideais.
- Aplicação de SMED e reengenharia dos equipamentos existentes - investimento considerável e resultados óptimos.
- Aplicação de SMED - investimento reduzido e resultados bons. (Kusar, *et al.*, 2010)

Essa relação ente os custos associados às diversas formas de reduzir os tempos de troca de referência pode ser esquematizada como é apresentado na figura 7.

Em função dos limites, é necessário definir os tempos de troca de referência a alcançar, os produtos ou referências a ser abordados inicialmente através de uma análise ABC, os cronogramas de implementação e as equipas responsáveis.

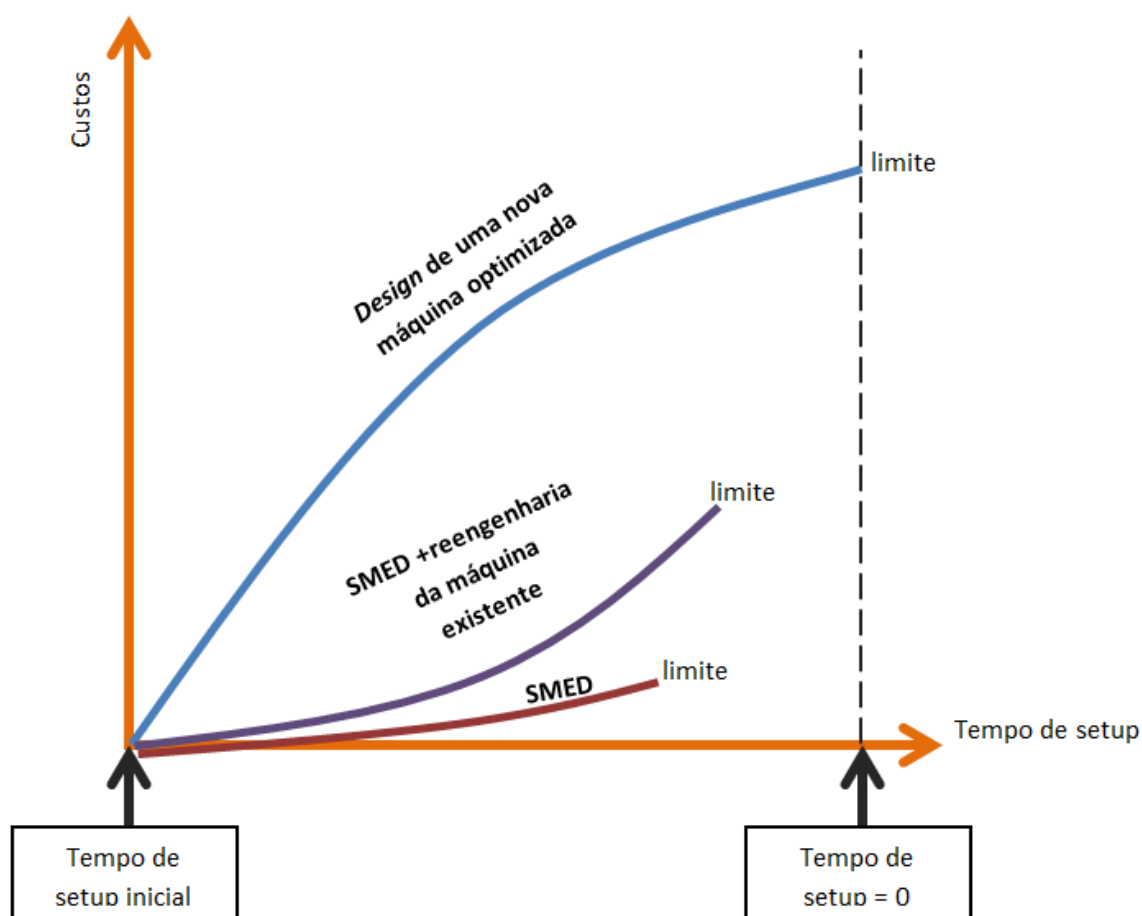


Figura 7 – Relação entre benefício e custos das diferentes abordagens para redução dos tempos de *setup*. Adaptada de (Kusar, *et al.*, 2010).

A implementação deve ser suportada por um projecto-piloto, que permitirá consolidar a metodologia utilizada, bem como reavaliar as acções que correram menos bem, antes de se disseminar ao longo de todos os processos (Fogliatto, *et al.*, 2003).

2.3.6 O modelo de aplicação do SMED

A metodologia SMED é aplicada no terreno obedecendo a uma estrutura dividida em 4 estágios fundamentais, nos quais são implementadas diversas técnicas por forma a reduzir os tempos de *setup* interno e externo. *Setup* interno corresponde ao trabalho que só pode ser efectuado com o equipamento parado. O *setup* externo diz respeito a todas as restantes actividades que poderão ser executadas com a máquina em funcionamento, quer seja antes ou após a paragem (Marchwinski, 2008; Cakmakci, *et al.*, 2007).

De acordo com (Lopes, *et al.*, 2006), o desenvolvimento desses 4 estágios estabelece-se conforme o disposto na figura 8:

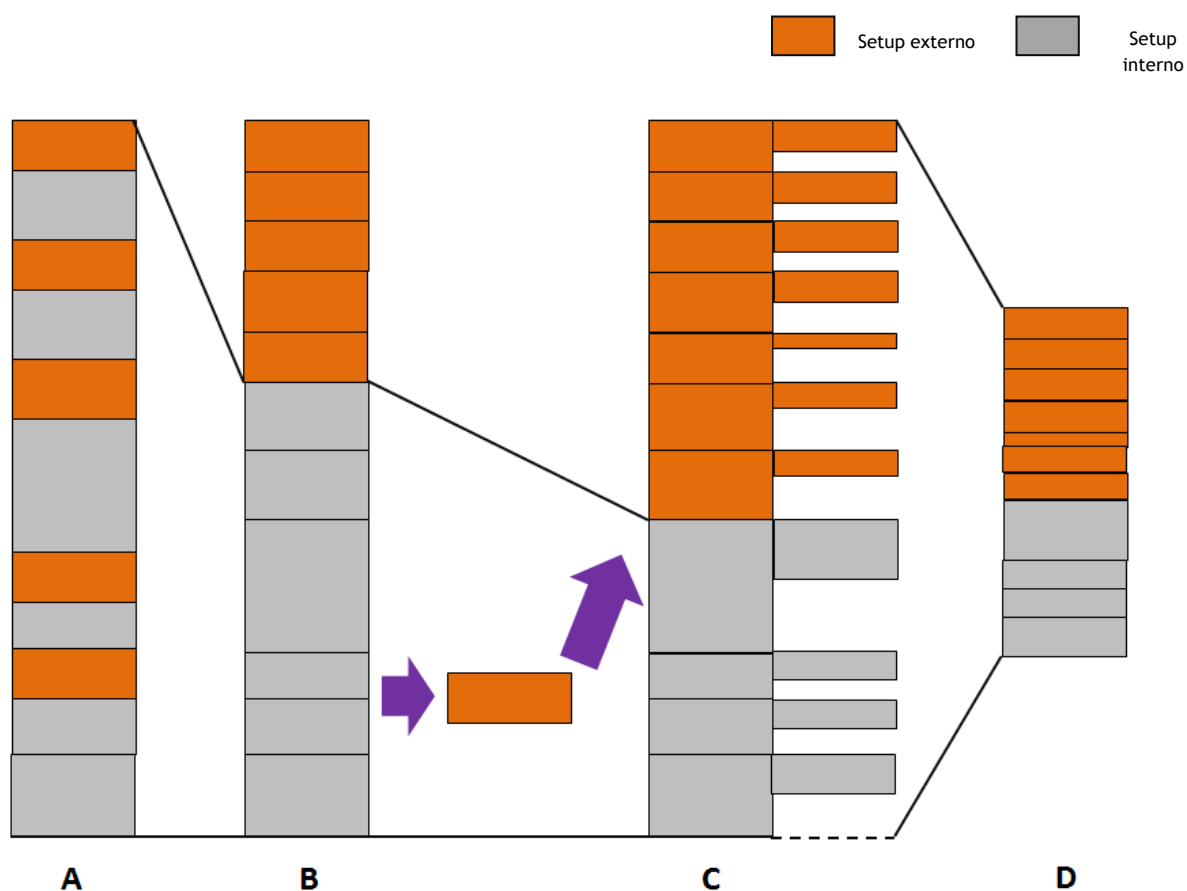


Figura 8 - Ilustração dos vários estágios do SMED e da distribuição do trabalho interno e externo.

A - Estágio preliminar ou Estágio 0:

Nesta fase inicial, não há distinção entre o trabalho interno e externo (Sugai, *et al.*, 2007). As actividades e a sequência das mesmas não apresentam um carácter optimizado, o que contribui de uma forma bastante notória para a demora das operações de *setup* (Michels, 2007).

A partir deste momento é necessário observar. É preciso acompanhar e efectuar todo um levantamento objectivo e cuidado das várias actividades. Analisar os métodos e os tempos, motivar os envolvidos, conhecer muito bem o processo e as suas condicionantes e conhecer os equipamentos. Portanto, antes de tudo é preciso observar para depois intervir, (Pinto, 2009b)

B - Separar actividades de *setup* interno e externo ou Estágio 1:

Ao efectuar a distinção clara e a separação em momentos temporais distintos do trabalho interno e externo, é possível atingir reduções de tempo de *setup* na ordem dos 30% a 50%, sendo este o “passaporte” para o sucesso

da aplicação do SMED, (Meirelles, 2004; Sugai, *et al.*, 2007). É necessário garantir que todo o trabalho externo é efectuado fora do período de paragem do equipamento, seja como trabalho preparatório ou após *setup*. Como ferramenta de suporte, efectuam-se e utilizam-se *checklists* nas quais devem constar todas as actividades que vão ser levadas a cabo, o número de pessoas, bem como todos os componentes, ferramentas ou outros meios de auxílio fundamentais para à execução das mesmas, quer sejam externas ou internas. Devem contemplar também, o conjunto de parâmetros de operação que o equipamento vai necessitar (Lopes, *et al.*, 2006). As *checklists* permitem no fundo planear o trabalho, preparar e reunir todas as condições necessárias para a execução do *setup*.

C - Converter trabalho interno em externo ou Estágio 2:

É preciso analisar de forma mais minuciosa o resultado obtido do estágio anterior por forma a reformular algumas das actividades que podem ser transformadas em externas ou efectuadas noutra sequência (Sugai, *et al.*, 2007). É importante conhecer os detalhes tanto do equipamento, ferramentas como das tarefas. Actividades de manutenção do equipamento, das ferramentas ou moldes, podem ser efectuadas como trabalho externo por forma a reduzir o período de paragem. Exemplos típicos são o pré-aquecimento de moldes antes da sua entrada na máquina, ou a programação prévia de parâmetros. Outras formas de converter trabalho interno em externo advêm da padronização de tarefas:

- Padronizar sistemas de fixação de moldes e ferramentas. A padronização deve sempre simplificar ao máximo as tarefas.
- Utilizar *jigs* e fixadores intermédios, que preparam a ferramenta ou molde de entrada antes da sua instalação na máquina, agilizando o processo de troca. Esses dispositivos intermédios devem ser também padronizados. (Lopes, *et al.*, 2006; Michels, 2007).

D - Optimizar todos os aspectos das operações de *setup* ou Estágio 3:

O objectivo deste estágio é diminuir ao máximo os tempos de todas as tarefas envolvidas no processo.

- Optimizar a armazenagem e o transporte de ferramentas. Criar armazém de ferramentas perto das máquinas e organizá-lo de forma a identificar rapidamente a ferramenta necessária, posicioná-la de forma a ser facilmente recolhida. Pode usar-se por exemplo um sistema de gestão visual por cores.

- Efectuar o máximo de operações em paralelo com dois operadores, de forma bem distribuída e sequencial evitando esperas entre tarefas dependentes.
- Padronização das operações de *setup*, com implementação de modos operatórios claros e simples, definindo as tarefas a executar, os requisitos necessários e a distribuição das mesmas.
- Formação adequada e treino dos executantes, suportado pela padronização das operações.
- Reduzir o número de utensílios necessários para a troca.
- Eliminar ajustes, utilizando batentes amovíveis, centradores e calços espaçadores.
- Mecanizar e ou automatizar tarefas. Esta operação deve ser ponderada em ultimo recurso, perante a impossibilidade de atingir os objectivos com as restantes alternativas. Estas medidas de reengenharia podem surtir resultados óptimos desde que haja viabilidade para as implementar. (Lopes, *et al.*, 2006; Meirelles, 2004; Pinto, 2009b)

Em síntese, a partir do estado inicial das operações de *setup*, a metodologia SMED aplica as suas acções de optimização ao longo dos estágios 1, 2 e 3 como se pode ver na tabela 5.

A aplicação dos estágios 2 e 3 pode por vezes ser simultânea, não sendo obrigada a seguir a sequência apresentada no modelo da metodologia, o que resulta por vezes num estágio híbrido (Meirelles, 2004). Os custos associados às melhorias geralmente são reduzidos quando as mesmas se dão ao nível de organização do trabalho e implementação de método operatório (Pinto, 2009b), no entanto, os resultados positivos que possam advir da implementação do SMED não são dados adquiridos.

Todo o trabalho desenvolvido para implementar a metodologia, tem que monitorizado continuamente. Manter os tempos de *setup* alcançados, implica fixar métodos e realizar auditorias periódicas (Sugai, *et al.*, 2007).

Estágio do SMED	Ferramentas/técnicas a aplicar
Estágio 1: Separar trabalho interno e externo	Uso de checklists Definição das tarefas a executar por cada operador Optimizar o transporte das ferramentas
Estágio 2: Converter trabalho interno em externo	Efectuar trabalho de preparação do <i>setup</i> previamente Padronizar sistemas de aperto Automatização de funções Jigs de montagem prévia dos moldes/ferramentas
Estágio 3: Optimizar todos os aspectos e actividades na troca de referência	Melhorar o armazenamento e logística das ferramentas Implementar tarefas paralelas Eliminar ajustes

Tabela5 – Listagem das várias ferramentas e técnicas aplicadas nos vários estágios do SMED. Adaptada de (Mcintosh, *et al.*, 2007).

De acordo com (Kusar, *et al.*, 2010), o sucesso na redução dos tempos de *setup* deve-se a três aspectos fundamentais: aos métodos aplicados para executar as tarefas (como); à organização do trabalho que é necessário fazer (quem, o que e quando) e efectivamente às características técnicas dos equipamentos e ferramentas utilizados. Tudo isso tem que ser suportado por uma base de motivação bastante sólida, a qual tem que reflectir os objectivos delineados e partir desde a gestão até aos operadores.

Á imagem do que acontece com a estrutura do *Lean Manufacturing*, a estrutura da metodologia SMED que procura otimizar os tempos de *setup* também pode ser ilustrada com a analogia à casa do TPS, como demonstra a figura 9.

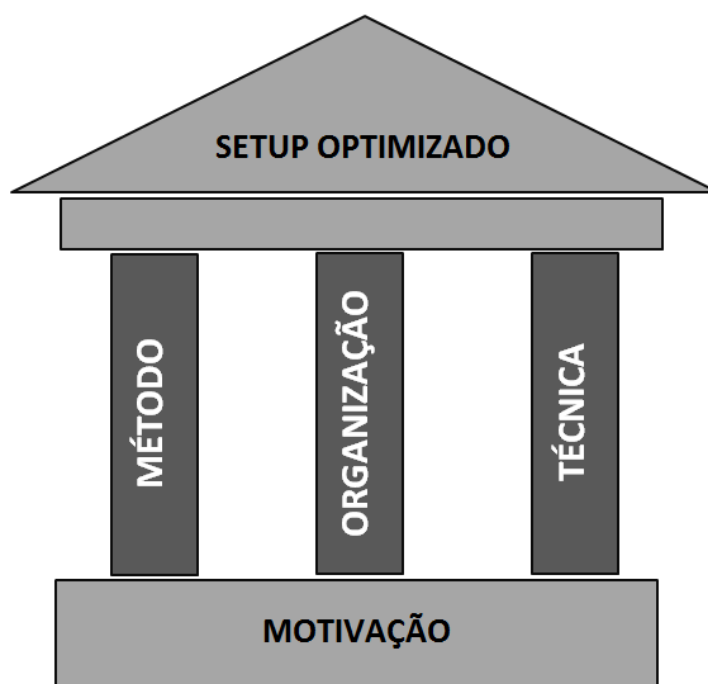


Figura 9 – Adaptação da Casa da Toyota para a estrutura da metodologia SMED. Adaptada de (Kusar, *et al.*, 2010; Lopes, *et al.*, 2006).

2.4 Extensão dos limites de aplicação do SMED:

A metodologia SMED permite concretizar todo um conjunto de melhorias na redução dos tempos de *setup*, porém as melhorias podem estender-se além dos elementos que o SMED, na sua definição inicial, envolve. No sentido de alcançar uma maior abrangência nas melhorias, há que ter em conta alguns aspectos importantes quando se aplica a metodologia, que se estendem para fora do seu campo de acção inicial.

2.4.1 A sequência das produções:

Ao efectuar uma troca de referência, o tempo associado a esta actividade vai ser influenciado pelas características das referências de entrada e de saída, consoante o seu grau de similaridade (Sugai, *et al.*, 2007). Duas referências com características muito diferentes podem levar a uma operação de *setup* mais prolongada. Esta situação deve ser contemplada ao nível do planeamento da produção, pois os tempos de *setup* apresentam variações significativas em função da sequência das referências em troca. O planeamento deve portanto, aplicar modelos que determinem as sequências de produção mais apropriadas, efectuando por exemplo uma gestão baseada em grupos ou famílias, que reúnem aquelas referências que efectivamente possuem graus de similaridade maiores, com a finalidade de minimizar o

impacto da sequência de produção nos tempos de *setup* (Missbauer, 1997; Mileham, *et al.*, 2004).

2.4.2 Optimização dos períodos de *run-down* e *Run-Up*.

Já foi referida no subcapítulo 2.3.2) uma definição sucinta para o conceito de troca de referência e para a delimitação do tempo de *setup*. De acordo com (Mcintosh, *et al.*, 2000) o período de *setup* é apenas uma parte do período de troca de referência, o que por definição deve englobar o período entre a última peça da referência de saída e a primeira peça da nova referência com índice de qualidade e performance produtiva correcta.

O período entre a paragem de produção da referência de saída e a produção plena da referência de entrada engloba três momentos (Sugai, *et al.*, 2007):

1. ***Run-down* (desaceleração):** a produção da referência de saída desacelera até ao momento da paragem. Alguns autores como o caso de (Mcintosh, *et al.*, 2007; Mcintosh, *et al.*, 2000) não consideram este momento, que pode por vezes ser reduzido, não tendo grande impacto.
2. ***Setup* (troca):** a produção está parada para efectuar a troca de referência;
3. ***Run-Up* (aceleração):** a nova referência está na fase de arranque, acelerando até ao ritmo desejado. A primeira peça com qualidade pode ser obtida durante o *Run-Up*, ou apenas no final do mesmo.

A figura 10 ilustra a quebra total na produção do equipamento a partir do momento de *setup* com a sua paragem e, a curva crescente durante o período de *Run-Up* o qual está associado a perdas produtivas em função do seu tamanho.

O foco da metodologia de Shingo na sua concepção inicial está apenas na redução das perdas associadas ao período de *setup* em si. Contudo a actividade de troca, sendo compreendida entre dois outros períodos de perdas (desaceleração e aceleração), deve contemplar as melhorias que se podem fazer a esse nível.

De acordo com (Mcintosh, *et al.*, 2007), as perdas mais significativas fora do período de *setup* ocorrem durante a aceleração, até à estabilização do equipamento. Uma abordagem mais optimizada da aplicação do SMED deve envolver a redução do tempo de troca de referência como um todo e não apenas o momento do *setup*, (Mcintosh, *et al.*, 2000).

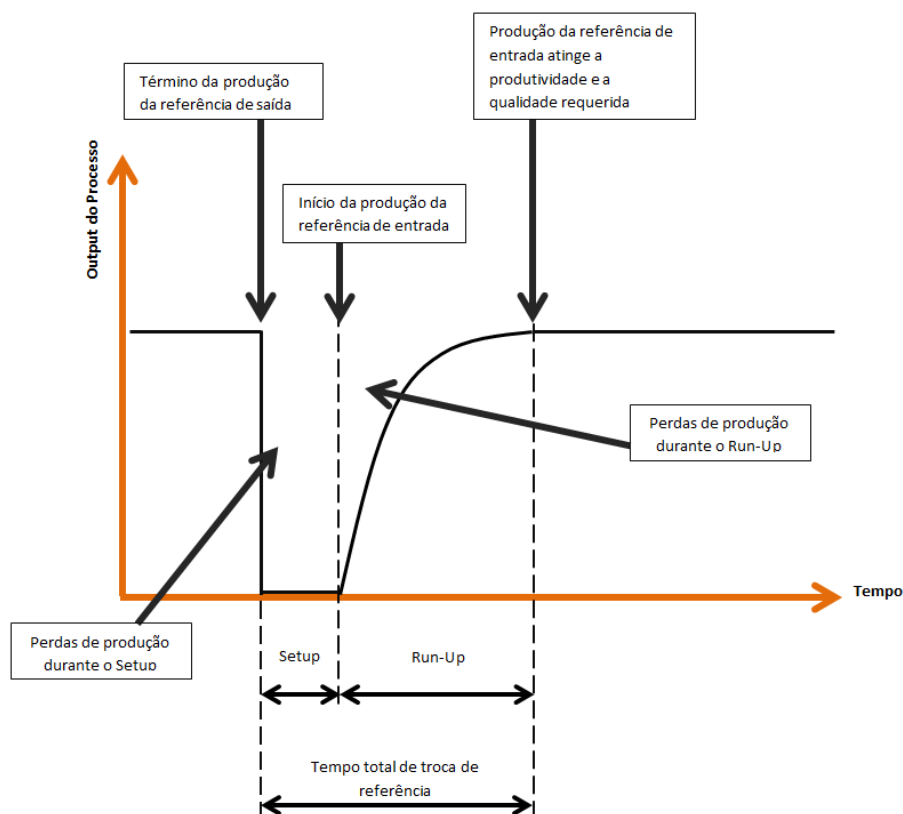


Figura 10 – Representação das etapas da troca de referência e as perdas associadas. Adaptada de (Mcintosh, *et al.*, 2007).

O período de *Run-Up* pode ser em cerca de 10 vezes maior que o período de *Setup* e contém perdas evidentes, independentemente da primeira peça com qualidade ser produzida durante a aceleração. Nesta fase de aceleração, a máquina não está 100% parada, que pela abordagem de Shingo ao SMED não considerava este tempo como interno. Mas também ainda não atingiu a sua performance óptima, pode ser necessário todo um conjunto de tarefas, nomeadamente ajustes e afinações de parâmetros e portanto também não se está efectivamente em período externo. Deve haver três momentos distintos no processo de troca de referência: O período externo, o *Setup* e o *Run-Up*.

Ao converter o trabalho interno em externo, o período de *setup* pode sair beneficiado pela sua redução. Mas se esse trabalho não for alterado e apenas “transferido” ele pode impactar no momento seguinte: o *Run-Up* que de facto, não pode ser encarado como tempo externo, mas sim como um momento próprio tal como o *setup*, merecendo também a abrangência do SMED.

2.4.3 A influência do *design* no sucesso e sustentabilidade do SMED

A fase de projecto das máquinas, equipamentos e ferramentas influem de forma significativa na melhoria das actividades de *setup* (Sugai, *et al.*, 2007). O impacto do *design* poderá garantir *a priori* a redução de custos associados

às trocas de referência, dotando os equipamentos da versatilidade necessária e reduzindo a necessidade de reengenharia para otimizar trocas de referência. De acordo com (Reik, *et al.*, 2006) as melhorias ao nível dos *setups* vão desde as alterações nos equipamentos, até à gestão e definição de métodos, treino e motivação de pessoas. O único campo onde o construtor do equipamento pode intervir é precisamente no primeiro. Na publicação (Culley, *et al.*, 2003) enumeraram-se os seis principais factores que determinam o sucesso e a sustentabilidade da aplicação do SMED, aos quais atribuiu um peso relativo consoante o seu grau de importância. Essa distribuição de factores e respectivo peso está demonstrada na tabela seguinte:

Factor	Peso relativo (total = 1.00)
Preponderância do <i>design</i>	0.38
Pressão para os resultados	0.23
Estabilidade emocional dos trabalhadores	0.13
Suporte da organização	0.11
Implementação de metodologia	0.09
Estado anterior à implementação da metodologia	0.06

Tabela 6 – Levantamento dos factores que influenciam o sucesso e a sustentabilidade da aplicação do SMED, retirado de (Culley, *et al.*, 2003).

O grau de sucesso da aplicação da metodologia SMED tem portanto no *design* inicial dos equipamentos o seu factor de maior impacto. De acordo com a metodologia de Shingo, o papel do *design* é contemplado num âmbito de alteração dos equipamentos em função das necessidades de melhoria verificadas. De acordo com ele, primeiro lugar ao aplicar o SMED, aprimoram-se os métodos e posteriormente procede-se à reengenharia dos equipamentos.

Do ponto de vista sustentável, as melhorias nos métodos e procedimentos traduzem ganhos bastante notórios na redução dos tempos de *setup*, mas que não são definitivos e sem acompanhamento podem desvanecer. A alteração aos equipamentos, acompanhada de bons métodos, dá um carácter mais perdurante às melhorias do SMED. As características do equipamento têm portanto um papel fundamental no sucesso e sustentabilidade da aplicação do SMED e podem ser ditadas ao nível do projecto e concepção inicial. Alterar equipamentos pode resultar em custos altos e em limitações

técnicas, a aquisição de equipamentos focados nas trocas rápidas, pode traduzir-se num investimento inicial mais elevado para a organização, mas a sua rentabilização será sempre reflectida na redução de custos relativos às melhorias de tempos de *setup* (Mcintosh, *et al.*, 2000).

Em suma, o *design* dos equipamentos surge como uma melhoria evidente que enriquece a metodologia SMED e os resultados que se podem obter com a sua aplicação. Quando Shingo desenvolveu o SMED a natureza dos equipamentos não contemplava o favorecimento dos tempos de *setup* o que limitava as melhorias possíveis no *hardware*, ao nível da alteração e reengenharia. Esta é uma realidade ainda visível nos dias que correm, pois a aplicação do SMED no chão de fábrica tem que contemplar os equipamentos existentes, salvo a estratégia organizacional foque a aquisição de novo material. Nessa perspectiva (Van Goubergen, *et al.*, 2002) assume que é mais vantajoso adquirir equipamentos pensados na troca rápida de referência, em detrimento dos não pensados para tal e alterá-los depois.

2.4.4 As regras do *design* de equipamentos

No sentido de obter resultados satisfatórios, face aos requisitos de optimização dos tempos de *setup*, os fabricantes de equipamentos devem abordar metodologias de desenvolvimento eficazes. A metodologia “*Design for Changeover (DFC)*” de acordo com (Reik, *et al.*, 2006) apresenta-se como um bom suporte para essas entidades, assegurando uma sistemática de concepção e desenvolvimento cíclica, como se pode observar com o esquema da figura abaixo:

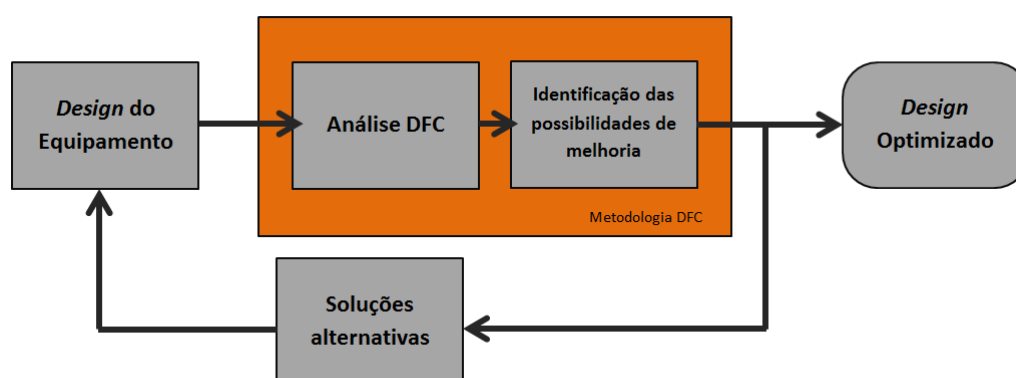


Figura 11 – Fluxo de processo da concepção de equipamentos otimizados, abordando a metodologia *Design For Changeover (DFC)*. Retirado de (Reik, *et al.*, 2006).

Ao mesmo tempo a tabela 7 pretende demonstrar uma síntese das regras ou requisitos do *design* de equipamentos, que devem ser contempladas por forma a resultar numa solução otimizada ao nível das trocas de referência (Van Goubergen, *et al.*, 2001).

Regras de *Design*

1 - Diminuição do peso

1.1 - Utilizar materiais leves

1.2 Utilizar menos material

2 - Simplificação

2.1 - Reduzir o número de mecanismos

2.2 - Evitar a remoção de elementos que não se conseguem mudar.

2.3 - Evitar o uso de mecanismos complexos.

2.4 - Utilizar encaixes rápidos.

2.5 - Reduzir o número de ferramentas manuais.

2.6 - Reduzir o número total de peças.

2.7 - Simplificar os procedimentos de controlo.

3 - Padronização

3.1 - Utilizar ajustes padrão

3.2 - Utilizar apertos *standard*

3.3 - Utilizar o mesmo tipo de motores

4 - Segurança

4.1 Usar o menor número de peças sujeitas a esforço.

4.2 - Eliminar engates manuais

4.3 - Usar engates de ¼ de volta

5 - Localização e ajustes

5.1 Eliminar ajustes no equipamento

5.2 - Fornecer ajustes inteligentes

5.3 - Eliminar régua manuais

5.4 - Criar posicionamentos pré-definidos na paragem.

6 - Operação

6.1 - Eliminar a necessidade de segurança

6.2 - Eliminar necessidade de operação de elementos quentes

6.3 - Eliminar necessidade de operação de itens complexos.

6.4 - Criar ajudas automáticas

6.5 - Garantir boa acessibilidade.

Tabela 7 – Lista das regras de *design* recomendadas para equipamentos otimizados em trocas rápidas de referência (Van Goubergen, *et al.*, 2001).

2.4.5 Os factores humanos nas trocas de referência

As melhorias ao nível dos processos de troca de referências de produção, focam-se maioritariamente ao nível da redução dos tempos. O aspecto essencial é o factor tempo, quando se fala em optimização dos *setups*. Mas (Van Goubergen, *et al.*, 2005) evidencia que a componente humana tem sido considerada como implícita a todo o processo, porém não estudada de forma mais profunda. De acordo com esta publicação os factores humanos e

ergonómicos podem fornecer conteúdos importantes para uma melhoria ainda mais abrangente dos tempos de *setup*, ao aplicar metodologias como o SMED, mas também, se forem integrados de forma assertiva no processo de concepção de equipamentos otimizados, ao nível das regras de *design*.

Ao nível da concepção de equipamentos otimizados e remetendo para as regras do *design* de (Van Goubergen, *et al.*, 2001) um estudo publicado em (Van Goubergen, *et al.*, 2005), distribui um conjunto de factores humanos e quantifica o número de regras de *design* que os contemplam, conforme está representado na figura 12.

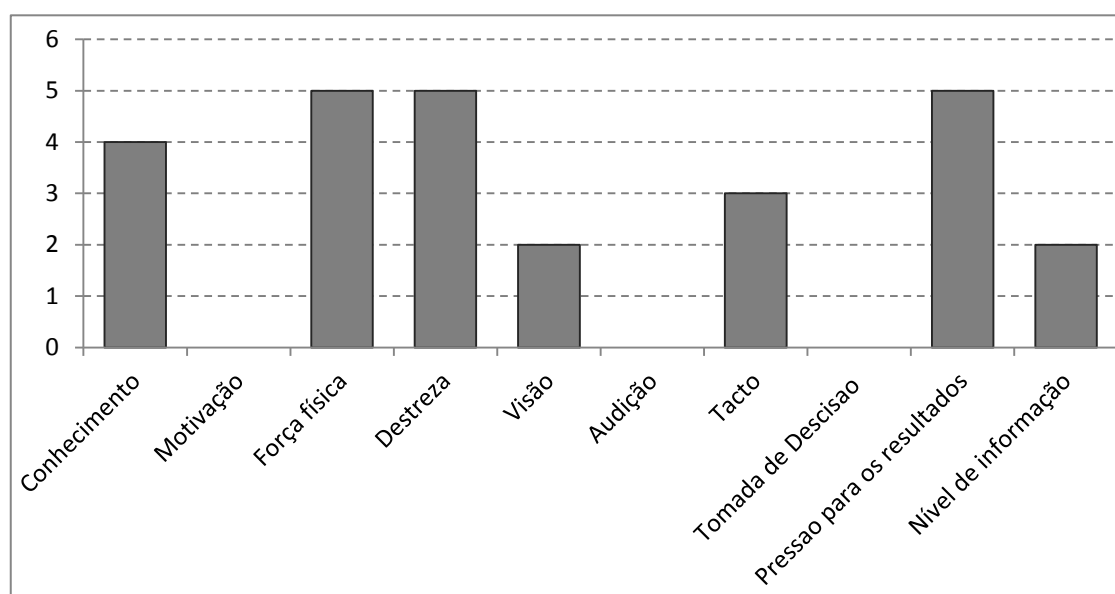


Figura 12 – Relação entre os diversos factores humanos e o número de regras de *design* que estão focadas neles. Retirado de (Van Goubergen, *et al.*, 2005).

Efectivamente percebe-se que existem alguns factores menos considerados, o que pode manifestar oportunidades de melhoria das mesmas regras e também do próprio processo de *design* otimizado para os *setups*.

2.4.6 O SMED e os 4P.


Na abordagem de (Reik, *et al.*, 2006) a envolvente associada aos processos de troca de referência, distribui-se na dinâmica dos “4P”: - Pessoas, Práticas (Metodologias aplicadas), Processos e Produtos, balanceada pelos *inputs* “organização” e “*design*”. Ao aplicar-se o SMED na optimização das trocas de referência, a sua performance vai estar evidentemente relacionada com essas mesmas variáveis e a relação entre elas está esquematizada na figura 13.



Figura 13 – Envolvente do 4P aos processos de troca de referência. Retirada de (Reik, *et al.*, 2006).

A aplicação da metodologia SMED deve ser encarada com um grau de abrangência bastante elevado. Efectivamente, o processo de troca de referência vai além do período de *setup*, mas as melhorias a obter dependem sempre dos limites até onde a organização pretende chegar. Consequentemente, as práticas que concretizam a implementação da metodologia, têm o cunho do perfil da organização e do seu grau de comprometimento. Os resultados a obter vão depender da performance das pessoas, que no fundo deriva das suas capacidades e do seu grau de motivação. Uma metodologia assertiva deve contemplar os factores humanos e uma organização consciente encara as pessoas como elemento fundamental. As características dos processos produtivos dependem do *design* dos equipamentos e determinam o tipo de produtos factíveis dentro deles. Não é menos verdade que esse mesmo *design* vai condicionar os limites das metodologias aplicáveis e por sua vez da performance das pessoas

O sucesso do SMED depende no fundo da cultura organizacional e dos targets definidos pelas hierarquias superiores face à sua realidade, capacidades e natureza dos processos. Embora a organização possa influenciar de forma mais directa os métodos de implementação e gerir a motivação das pessoas, também pode obter capacidade de redefinir os processos através do *design*.



Capítulo 3 Aplicação do **SMED**

3 Aplicação do SMED

O presente trabalho prático refere-se à implementação da metodologia SMED numa unidade fabril, pertencente a um grupo industrial português do sector automóvel.

3.1 Descrição da empresa

A empresa onde se aplicou a metodologia pertence a um grupo industrial português que foi fundado na década de 1980.

Neste momento possui um estatuto de grupo internacional com uma expansão crescente pela Europa, Ásia, Américas do Norte e do Sul. A sua presença mundial conta um conjunto aproximado de 30 unidades de negócio.

O *core business* do grupo, enquanto organização, é a produção de componentes para a industria automóvel, bem como o desenvolvimento nos seus centros de investigação na Europa e América do Norte.

Ao nível da produção de componentes, possui uma carteira de clientes bastante extensa e fornece as principais *Original Equipment Manufacturers* - OEM do sector, com peças metálicas estampadas, subconjuntos, conjuntos soldados, *chassis* e mais recentemente algumas peças de precisão.

Este trabalho foi efectuado numa das unidades do grupo, sediada em Portugal no interior do país, cujas características principais estão resumidas na tabela 8. De dimensões relativamente pequenas, a unidade fabril possui uma produção diversificada em cerca de 80 produtos diferentes. Uma média de 80% das referências de produção da empresa são peças metálicas estampadas a frio, para as quais está equipada com um sector de prensas que vão desde as 30T até 630T.7.

Ficha técnica da empresa	
Sector	Automóvel
Nº colaboradores	80
Tipo de produtos	Componentes metálicos
Área de produção	7000m ²

Tabela 8 - Síntese das principais características da empresa.

3.2 Cultura organizacional do grupo e da unidade fabril

A filosofia da organização coloca em primeiro lugar o factor segurança dos seus colaboradores, mantendo uma política assente no objectivo de zero acidentes por ano. Sendo fornecedora das principais OEMs do mercado automóvel, encontra-se certificada na ISO/TS 16949:2002 e ISO 14001:2004.

A ISO/TS 16949 é uma especificação técnica, cujo objectivo é indicar quais são os requisitos específicos da Norma ISO-9001:2000 para a indústria automóvel. Em conjunto com a ISO-9001:2000, define os requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade para o projecto, o desenvolvimento, a produção e, quando relevante, a instalação e serviço dos produtos relacionados com a indústria automóvel. Esta certificação permite à empresa harmonizar o seu sistema da Qualidade com aquele das OEM que fornece. A ISO 14001 permite definir quais são os requisitos necessários ao estabelecimento de um Sistema de Gestão Ambiental efectivo, procurando através do comprometimento da organização criar um equilíbrio entre a manutenção da rentabilidade e a redução do impacto ambiental.

O grupo mantém uma visibilidade esclarecida sobre os conceitos do *Lean Manufacturing* (LM) e as respectivas práticas, bem como do potencial associado à implementação de tal modelo.

Numa perspectiva de manter a competitividade ao máximo, naquele que é um mercado altamente exigente, a organização incentiva as diversas unidades à implementação dos conceitos LM e procura partilha com elas um grau de comprometimento e incentivo elevado. Sinal disso é a integração de vários objectivos como a execução de 11 eventos *Kaizen* por ano em cada unidade e a criação de concursos trimestrais entre as várias unidades, em que o grupo premeia o evento que apresente a melhoria mais significativa, estabelecendo a ponte entre o ganho económico e as boas práticas *Lean*.

Evidenciam-se também outros aspectos, como a prática dos 5s que faz parte da sensibilidade de todos os colaboradores, que por sua vez tiram partido de diversas formações organizadas pelo grupo ao nível das várias unidades em conceitos e práticas LM.

A unidade fabril em questão é uma, entre as diversas que partilham dessa cultura organizacional focada na integração consistente do *Lean Manufacturing* como modelo produtivo do grupo, numa escala temporal de médio-longo prazo.

Nesse âmbito, a unidade fabril iniciou a implementação da metodologia SMED consciente dos ganhos potenciais a si associados.

3.3 Conjuntura de implementação do projecto SMED

A unidade fabril viveu um período de quebra produtiva, com o término da vida de alguns projectos, ficando com a sua carteira de clientes mais reduzida e os volumes de vendas em sentido descendente. Porém, o cenário recente apresentou-se com carácter promissor e está em desenvolvimento a integração de novos projectos, além das previsões de alguns clientes actuais anunciarem aumentos significativos nas suas necessidades de encomendas. A unidade vai então ter que lutar em varias frentes para manter a satisfação dos seus clientes e incorporar novo negócio.

A implementação do SMED surgiu quando a unidade se viu necessitada de aumentar a produtividade para algumas das peças dos seus clientes actuais, com maior volume de facturação. A metodologia pretende agilizar os processos de *setup* no sector de estampagem, contribuindo com o aumento de disponibilidade dos equipamentos para essas necessidades que entretanto surgiram no horizonte da empresa. Assim, a direcção criou o projecto SMED como parte integrante do processo de aumento de produtividade da unidade fabril.

No sentido de corresponder aos *targets*, a direcção convergiu para a criação de um projecto dividido em etapas e sustentado por uma fase piloto, que em função dos seus resultados irá determinar os passos seguintes da implementação desta metodologia *Lean*.

O presente caso de estudo demonstra o desenvolvimento prático desse projecto-piloto.

3.4 Estrutura do projecto

É possível traçar um paralelismo com o estudo apresentado por (Kusar, *et al.*, 2010) ao abrigo da figura 14, no sentido de ilustrar claramente a estrutura deste projecto SMED. O trabalho a desenvolver ao longo do projecto divide-se em dois níveis de trabalho ou de acção fundamentais:

1. Trabalho da direcção da unidade fabril:

O equipamento seleccionado para a fase de projecto-piloto foi a denominada Prensa 4. Trata-se do equipamento de estampagem com maior número de *setups* mensais na empresa, o qual também é responsável pela produção da referência de maior volume de facturação actual. A direcção definiu como objectivo a redução entre 35% a 40% dos tempos de *setup* à data de início do projecto, estruturou a equipa de implementação do projecto e propôs à mesma o desafio em questão. A equipa foi constituída pelos seguintes elementos:

- 1 Engenheiro de processo;
- 1 Estagiário de engenharia de processo;
- 2 Operadores da prensa 4 (1º e 2º turno);
- 2 Chefes de equipa da estampagem (1º e 2º turno);

O prazo para implementação e apresentação de resultados do projecto-piloto foi de dois meses e todo o processo de melhoria devia ser feito sem investimento monetário.

2. Trabalho da equipa de projecto:

Numa primeira fase a equipa de projecto efectuou algumas acções de formação em sala, no âmbito dos diversos conceitos envolvidos no *Lean Manufacturing*, com ênfase particular para a metodologia SMED, demonstrando claramente quais os seus propósitos e com perspectiva de envolver ao máximo todos os elementos da equipa. Seguidamente, a equipa estruturou o plano de implementação para o trabalho a decorrer durante os meses.

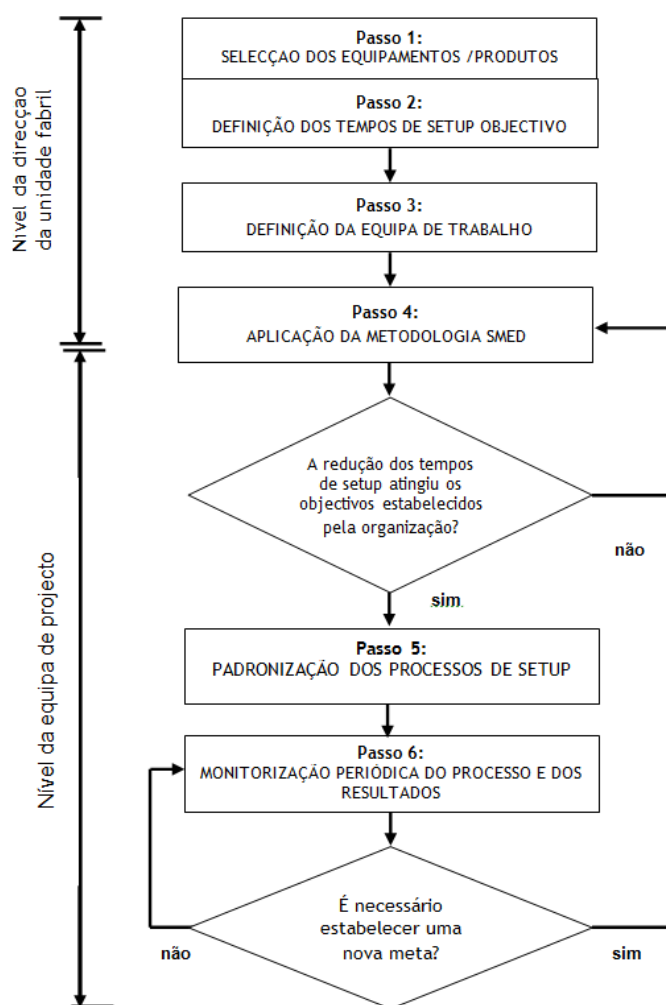


Figura 14 – Sistemática de implementação de um projecto SMED. Adaptado de (Kusar, *et al.*, 2010).

3.5 Plano de implementação do projecto SMED

Sucintamente, o plano pode ser evidenciado através do esquema seguinte:

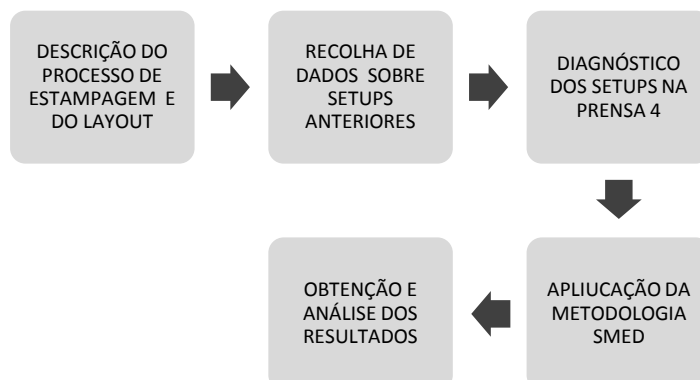


Figura 15 – Esquema representativo das várias etapas do plano de implementação do projecto SMED.

3.6 Descrição do processo de estampagem

A unidade fabril em que o projecto foi implementado, possui uma zona de prensas de estampagem constituída por um conjunto de 4 equipamentos principais. Existe um outro conjunto de 6 equipamentos de estampagem, fora desta zona principal, os quais produzem referências de baixíssimos volumes, não contemplados no âmbito deste projecto no horizonte do médio prazo. As prensas da zona principal estampam peças em ligas de aço, a frio.

A zona de estampagem principal funciona em 2 turnos diários, é suportada pelo departamento de ferramentaria/manutenção, responsável pela manutenção preventiva e correctiva dos equipamentos e ferramentas.

Em cada turno existem 4 operadores de prensa e um chefe de equipa, que monitoriza os processos, presta suporte aos operadores, fornece as fichas de acompanhamento das produções, faz trabalho de preparação dos *setups* e executa funções ao nível da qualidade como a verificação dimensional periódica de peças estampadas nos processos.

3.7 *Layout* da zona de estampagem

A figura 16 representa parte do *layout* da unidade fabril em que o projecto foi implementado. A zona demonstrada refere-se à área de estampagem e à zona do armazém de ferramentas e departamento de manutenção e ferramentaria. A zona de estampagem possui um conjunto de 4 prensas principais. Existe um outro conjunto de 6 equipamentos de estampagem fora desta zona principal, dispersos pela fábrica. O armazém de ferramentas fica na mesma zona da área de manutenção e ferramentaria, e a

distância entre a prensa 4 e este departamento encontra-se na ordem dos 40m.

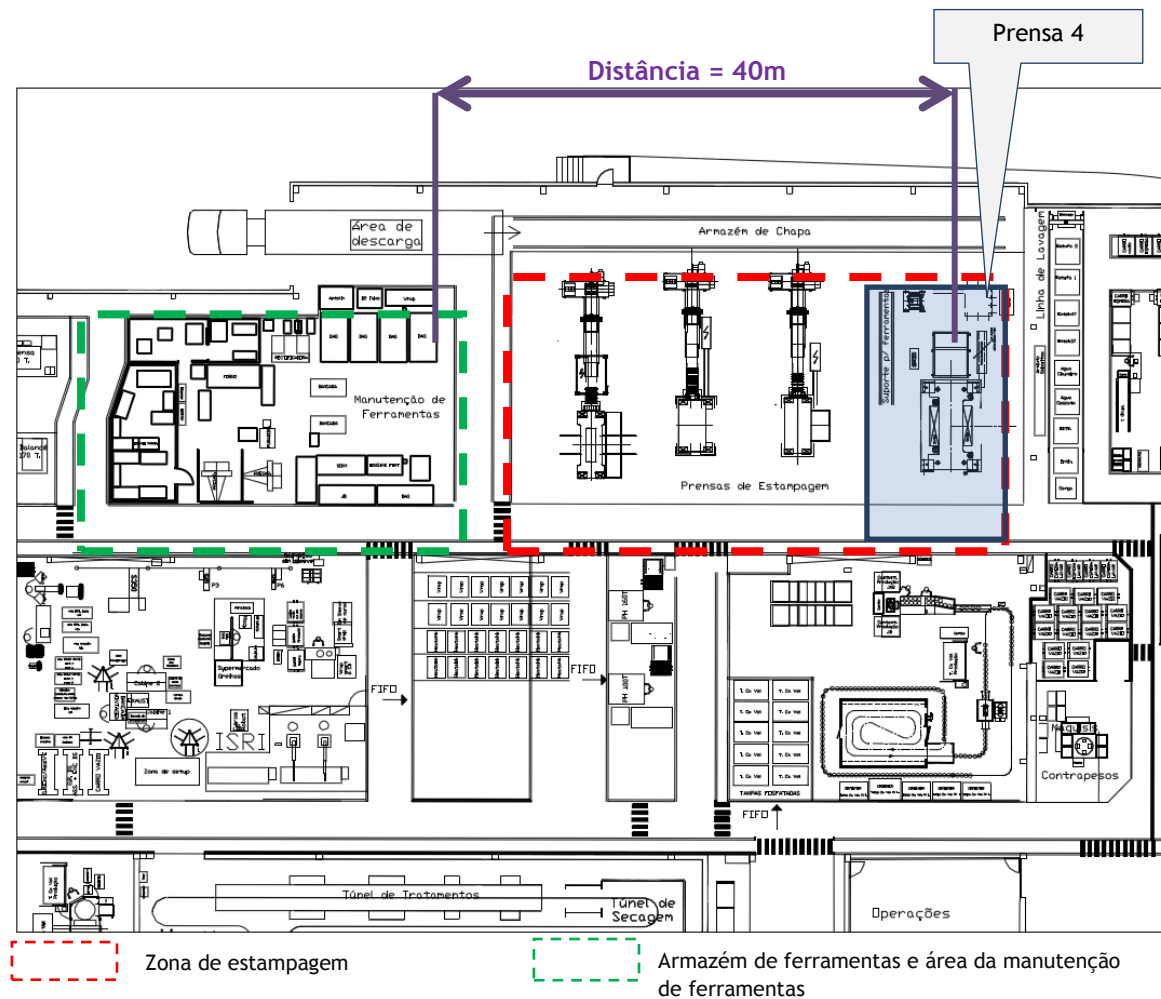


Figura 16 - Layout da zona de estampagem.

3.8 Recolha de dados sobre *setups* anteriores

Foi efectuado o levantamento dos tempos de *setup* médios dos meses anteriores à implementação do projecto, por forma a criar um histórico de todo o processo de estampagem. Os dados foram reunidos junto do departamento de Operações e acedendo aos registos do sistema de ERP da empresa e encontram-se resumidos na tabela 9.

Estes dados permitem perceber que existe alguma proximidade entre os tempos de *setup* praticados ao nível das várias prensas, o que por um lado pode ser um vestígio das tentativas anteriores de aplicação do SMED no processo.

		Mês A	Mês B	Mês C	Mês D	Mês E	Mês F	Mês G	Mês H
Prensa1	TEMPO MÉDIO DE SETUP (min)	43	42	37	41	39	38	41	39
	Nº DE SET UP'S	12	9	3	3	16	9	16	21
Prensa2	TEMPO MÉDIO DE SETUP (min)	38	41	38	38	39	41	31	39
	Nº DE SET UP'S	13	10	6	4	7	9	9	5
Prensa3	TEMPO MÉDIO DE SETUP (min)	42	40	38	39	40	43	41	27
	Nº DE SET UP'S	12	8	6	3	9	9	10	10
Prensa4	TEMPO MÉDIO DE SETUP (min)	42	40	39	41	42	38	36	44
	Nº DE SET UP'S	15	17	13	6	18	16	14	16
Global	TEMPO MÉDIO DE SETUP (min)	41	41	38	40	40	40	37	37
	Nº MÉDIO DE SETUPS	13	11	7	4	13	11	12	13

39
10

Tabela 9 - Tempos e frequências médias de *setup* levantadas dos 8 meses anteriores ao projecto.

Os tempos médios de *setup* do processo de estampagem estão na ordem dos 39 minutos e no caso particular da prensa4, a qual integrou o projecto-piloto de implementação do SMED, o tempo médio era de 40 minutos, conforme indicado na figura 17:

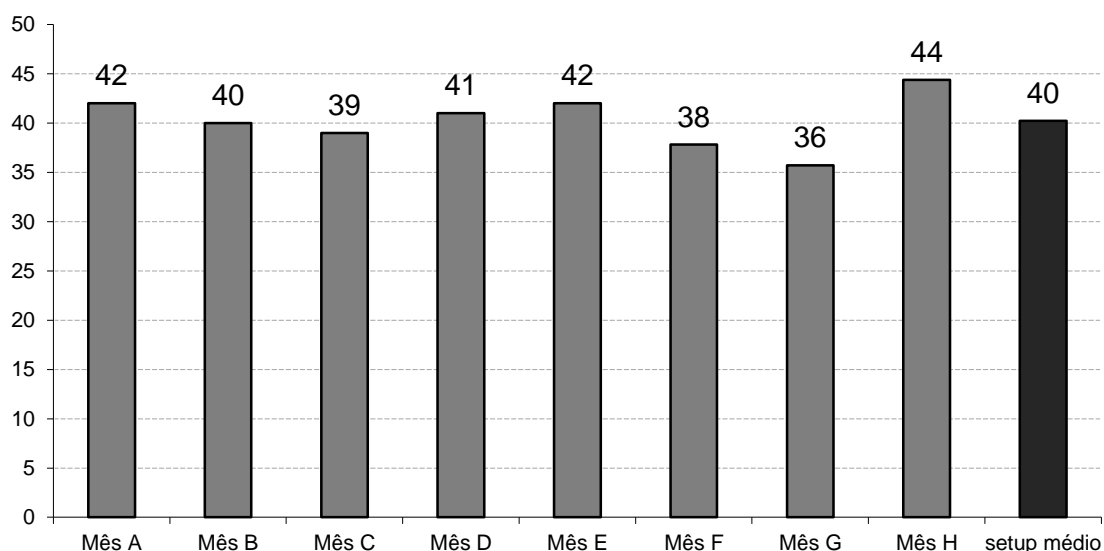


Figura 17 - Médias dos tempos de *setup* na prensa 4 a qual foi o foco do projecto-piloto.

3.9 Diagnóstico do processo de *setup* inicial na prensa 4

Durante o primeiro mês de implementação do projecto, efectuou-se o acompanhamento de todos os processos de troca de referência decorridos na prensa 4, que eram efectuados pelo chefe de equipa e pelo operador da prensa no respectivo turno.

O engenheiro de processo e o estagiário efectuaram todo o levantamento de dados de forma cuidada, por forma a alcançar um diagnóstico correcto. O levantamento foi efectuado em ambiente de produção normal e também em eventos extraordinários, marcados com a equipa SMED, para efectuar trocas de referência fora do horário de produção.

O apanhado desses dados está presente na figura 18.

Verificou-se que a variação entre os tempos de *setup* não era representativa e a sequência das referências de entrada e de saída não tinha um impacto significativo nos resultados. Isso deve-se ao facto de as várias ferramentas terem bastantes características similares e os processos de troca não necessitarem de operações consideravelmente diferentes.

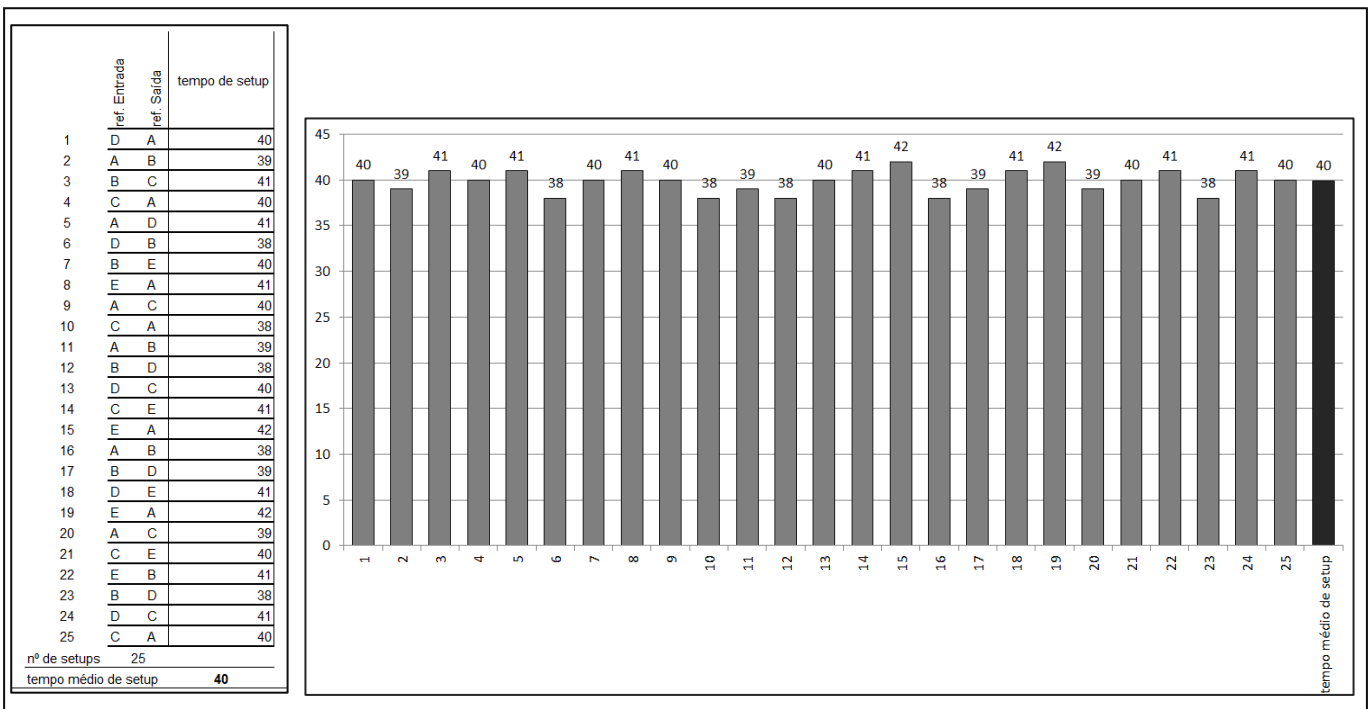


Figura 18 - Levantamento dos *setups* acompanhados na prensa 4 ao longo do primeiro mês do projecto SMED.

3.9.1 Impacto das diferentes tarefas e operações no processo de *setup*:

Com base no levantamento efectuado nos sucessivos acompanhamentos aos processos de *setup* ao longo do primeiro mês estabeleceu-se um gráfico, presente na figura 19, com a distribuição em percentagem de tempo no *setup* de cada uma das actividades principais. Percebeu-se que as duas etapas que consumiam a maior parte do tempo eram o retirar da ferramenta anterior e inserir da nova ferramenta. Essas actividades além de serem demasiado morosas implicavam a movimentação de ferramentas ao longo da fábrica, com a máquina parada.

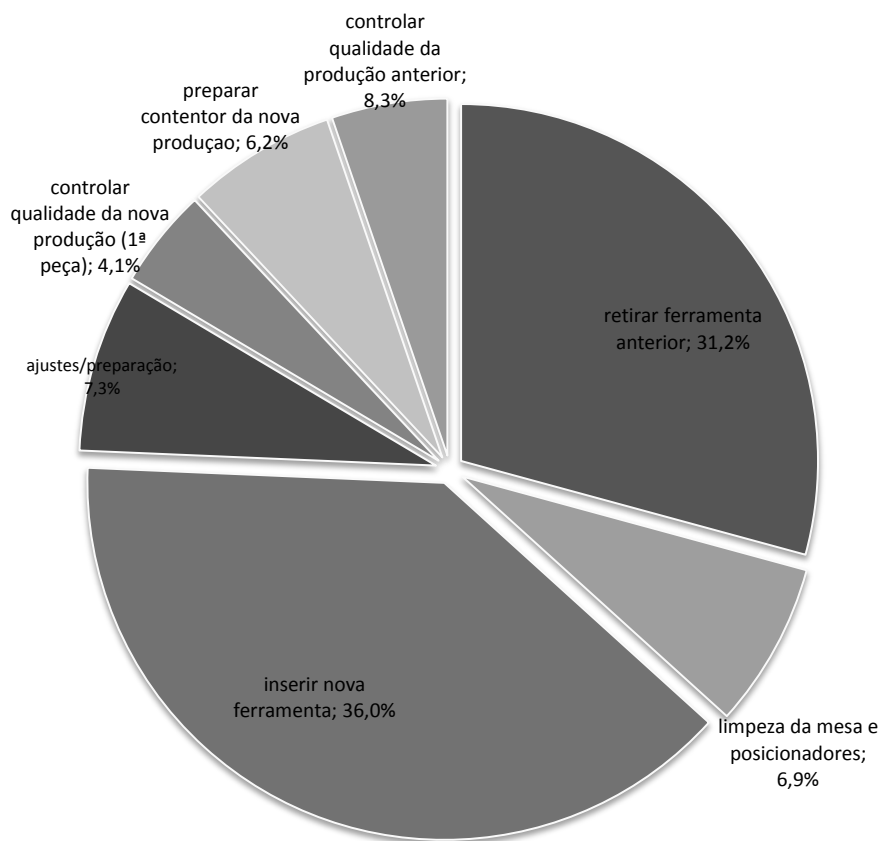


Figura 19 – Distribuição dos principais consumos de tempo nos processos de *setup*.

3.9.2 Levantamento de todas as tarefas efectuadas no estado inicial:

Foi efectuada uma lista de todas as tarefas efectuadas para a troca de referência na prensa 4, que pode ser vista na tabela 10 da página seguinte. O levantamento abrangeu todos os passos envolvidos tanto no *setup* como nas tarefas de preparação e fase pós-*setup*, para todas as referências de produção, alocadas a este equipamento. A par disso, considerando que o processo envolvia sempre o chefe de equipa e o operador de prensa, distribuíram-se numa tabela as tarefas executadas por cada um, a cada momento, e os tempos médios respectivos.

É de realçar que a distribuição das tarefas entre o operador e o chefe de equipa não possuía um padrão fixo à data de arranque do projecto. Por forma a obter uma linha de tendência com menos variabilidade, à medida que se fossem implementando as melhorias, houve no seio da equipa do SMED o comprometimento em estabelecer um padrão nessa distribuição de tarefas, tirando partido da lista criada como modelo guia.

OPERADOR	t (seg)		t (seg)		CHEFE DE EQUIPA			
			60	E	Determinar referencia de produção seguinte			
			60	E	Imprimir fichas de acompanhamento			
			120	E	Preparar meios de controlo para nova produção (DMM e planos de controlo)			
			60	E	Trazer o kit de mudança para junto da prensa			
Parar a prensa	I	10	30	E	Buscar ponte para junto do novo rolo			
Abrir as portas de segurança	I	3	25	E	Desembrulhar novo rolo			
Despertar suporte de lubrificação da banda	I	10	20	E	Prender novo rolo			
Retirar suporte de lubrificação e arrumar no kit de mudança	I	60	80	E	Levar novo rolo para o carro			
Retirar última peça e colocar em cima da bancada de controle	I	20	20	E	Desprender novo rolo			
Controlar a última peça da série anterior	E	60	10	E	cortar cinta longitudinal			
Registos quantidade de peças da série anterior	E	60	246	N/A	espera			
Retirar calha de saída da peça	I	30						
Colocar calha de saída no armazem e trazer a nova	E	60						
Limpar a sucata	I	60						
Retirar banda cortada e colocar na mesa de saída de peças	I	35						
Fechar as portas de segurança	I	3						
Baixar prensa	I	10						
Abrir portas de segurança	I	10						
Desapertar frente da ferramenta e retirar calhas de escoamento	I	180				180	I	Desapertar traseira da ferramenta e retirar as calhas de escoamento
Subir prensa	I	10				60	E	Arrumar calhas de escoamento no armazem e trazer as novas
Extrair mesa	I	50	250	N/A	espera			
Buscar a ponte para junto da mesa	E	60						
Prender ferramenta	I	190						
Limpeza da mesa e posicionadores	I	200	436	E	Deslocação da ferramenta para o armazém			
espera	N/A	896	190	I	Desprender ferramenta anterior e prender a ferramenta seguinte			
			380	E	Transportar nova ferramenta para a prensa			
			90	I	Colocar ferramenta em cima da mesa			
Apertar frente da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento	I	180	180	I	Apertar traseira da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento			
Colocar mesa na prensa	I	60	70	I	Posicionar o carro do novo rolo			
Programação de parâmetros (pancada, passo e reset contador)	I	50	20	I	Soltar ganchos e retirar cinta para o chão			
Baixar a prensa	I	10	90	I	Desenrolar chapa até ao alimentador			
Levantar a prensa	I	10	30	I	Colocar nova calha de saída			
Retirar contentor de peça anterior e levar para o WIP	E	180	180	E	Buscar e posicionar contentor da nova peça			
Colocar chapa na ferramenta	I	90	30	I	Ligar o óleo			
Cortar desperdício da chapa	I	30	35	I	Lubrificar a banda			
Acertar passo	I	90	30	E	Retirar ponte da área de trabalho			
Controlar primeira peça	E	60	20	E	Arrumar porta-paletes			
Registrar o controlo da primeira peça	E	60	20	E	Arrumar Kit de Mudança			

I - Tarefa Interna E - Tarefa Externa

Tabela 10 - Lista das tarefas e sequência das mesmas no estado inicial do projecto.

No ponto de vista da metodologia SMED, este momento corresponde ao estágio preliminar, no qual não há separação entre trabalho interno e externo. Com efeito, nesta fase classificaram-se as diferentes tarefas em internas ou externas, consoante a necessidade das mesmas em ser feitas com o equipamento parado ou não. A tabela 10 ilustra claramente a execução de tarefas de trabalho externo com o equipamento parado.

Existe uma dessincronização evidente das actividades entre os dois elementos, resultante da falta de uma sistemática e método de trabalho bem pensados e implementados. A figura 20 ilustra o tempo de trabalho de cada um dos elementos, em barras paralelas ao longo do tempo total. Com este esquema pretende-se demonstrar o tempo ocupado por cada um dos elementos e as paragens por espera ocorridas. São visíveis os momentos diferentes de início e de término dos trabalhos, por parte do chefe de equipa e do operador.

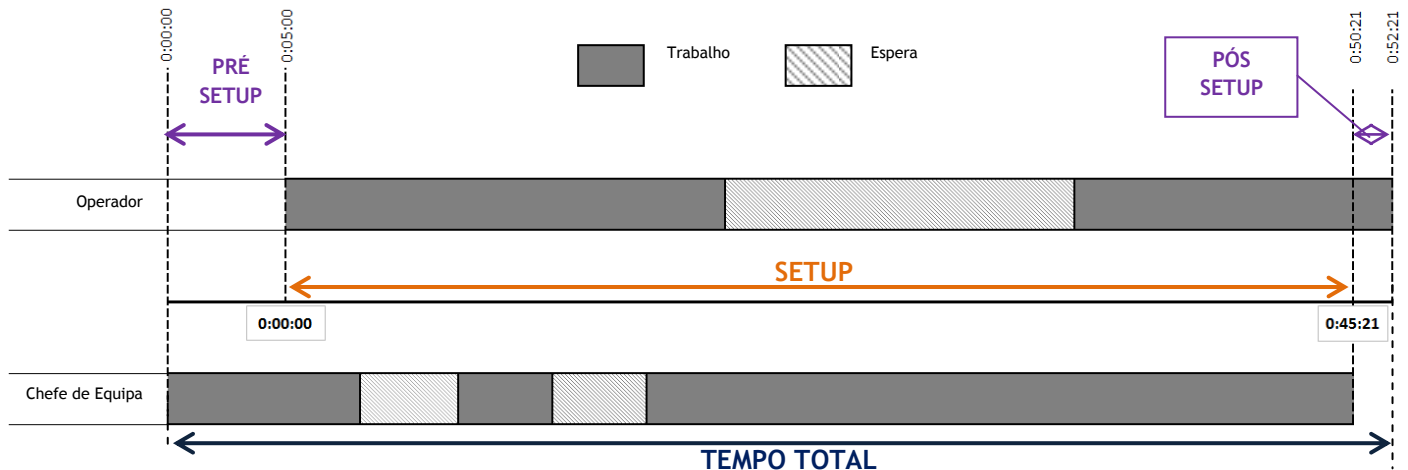


Figura 20 - Distribuição dos períodos de trabalho e de esperas dos dois elementos envolvidos durante a troca de referência, evidenciando os desperdícios de tempo.

A lacuna mais evidente neste momento estava na existência de períodos prolongados de espera durante o processo. O tempo total de troca de referência encontrava-se na ordem dos 51 min, dos quais 45min correspondiam a tempo de *setup*. O operador compreendia um período alargado de paragem por esperam, com cerca de 15 min, e o chefe de equipa apresentava dois momentos de espera.

As ineficiências detectadas no estágio preliminar podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- Execução de tarefas externas durante o *setup*, nas quais se inclui a preparação de matéria-prima, movimentação de ferramentas, utensílios e contentores, e controlos de qualidade das últimas peças da produção de saída.
- Desfasamento temporal entre o operador e o chefe de equipa, para a execução de tarefas conjuntas, originando esperas. A sequência de tarefas de cada um não está balanceada de forma eficaz.

3.10 Aplicação da metodologia SMED na prensa 4

Perante as lacunas identificadas no estágio preliminar, a equipa partiu para a aplicação do SMED no sentido de atingir as metas estipuladas. A aplicação da metodologia incidiu essencialmente sobre os estágios 1 e 2, de forma relativamente conjunta.

3.10.1 Estágio 1: Separação entre tarefas internas e externas:

Algumas tarefas que o operador estava a desempenhar no estado inicial foram transferidas para o chefe de equipa. Tratava-se de trabalho externo que estava a impactar na execução das tarefas internas do operador. Essa separação do trabalho externo e interno permitiu ao operador concentrar mais os seus esforços nas tarefas efectivas do *setup*, deixando as restantes ao cargo do chefe de equipa. A par disso, outras tarefas de *setup* interno levadas a cabo pelo operador, foram divididas com o chefe de equipa, distribuindo o tempo necessário para a sua execução pelos dois elementos, encurtando o tempo de paragem do equipamento e ocupando o tempo de esperas do chefe de equipa.

O período de preparação do *setup* feito por este elemento teve que ser redefinido, conforme demonstrado na tabela 11, aumentando o número de tarefas executadas nessa fase. Isso permitiu aumentar a disponibilidade do chefe para receber as novas tarefas e auxiliar nas restantes.

ESTÁGIO PRELIMINAR		ESTÁGIO 1		
Preparação do <i>setup</i> - Chefe de Equipa	Determinar referência de produção seguinte	60''	Determinar referência de produção seguinte	60''
	Imprimir fichas de acompanhamento	60''	Imprimir fichas de acompanhamento	60''
	Preparar meios de controlo	120''	Preparar meios de controlo	120''
	Trazer o kit de mudança para junto da prensa	60''	Trazer o kit de mudança para junto da prensa	60''
	Total	300''	Trazer o contentor da nova peça para junto da prensa	90''
			Buscar ponte para junto do novo rolo	30''
			Desembrulhar novo rolo	25''
			Prender novo rolo	20''
			Levar novo rolo para o carro	80''
			Desprender novo rolo	20''
			Cortar cinta longitudinal	10''
			Total	575''

Tabela 11 - Aumento das tarefas efectuadas pelo chefe de equipa antes de a máquina ser parada para efectuar o *setup*.

Estágio preliminar

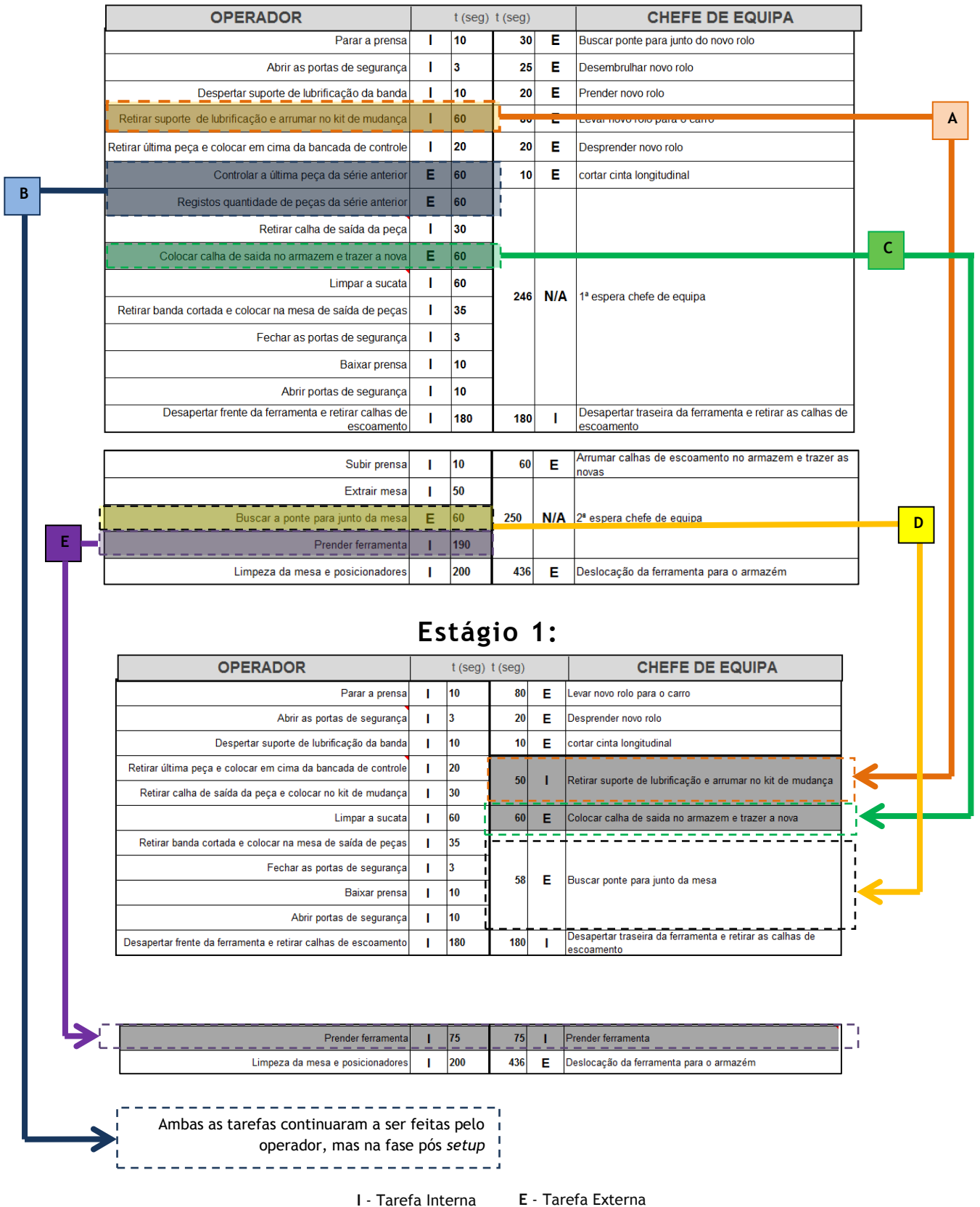


Figura 21 – Esquema das alterações efectuadas nas actividades do operador e chefe de equipa, entre o estágio 0 e 1.

A figura 21 da página anterior pretende demonstrar as alterações ocorridas em tarefas desempenhadas durante o período de *setup*, pelo operador e pelo chefe de equipa, entre o estágio preliminar e o estágio 1. É evidente na figura o 1º período de espera do chefe de equipa entre a execução da sua sequência de tarefas e o término da respectiva sequência do operador, até ao momento desapertar a ferramenta e retirar as calhas, que ambos executam em paralelo.

É também visível, que o 2º momento de espera do chefe ocorre, enquanto o operador ia buscar a ponte rolante e prendia a ferramenta sozinho.

A reorganização de trabalho e transferência de tarefas consistiu no seguinte:

- As tarefas A e C passaram a fazer parte dos encargos do chefe de equipa, preenchendo parte do seu tempo de espera.
- As tarefas destacadas com a letra B continuaram sob alçada do operador mas passaram a ser executadas no período pós *setup*.
- A tarefa D foi encaixada na 2ª espera do chefe;
- A tarefa E foi dividida entre os dois elementos, reduzindo o tempo necessário para a sua execução, e encaixando a metade correspondente ao chefe de equipa, na sua 2ª espera.

A tarefa de retirar o contentor da referência anterior do processo e posterior transporte para o WIP foi redefinida e essa alteração está ilustrada na figura 22. O operador deixou de ter a seu cargo a manipulação de contentores e o chefe de equipa passou a trazer o novo contentor em fase de preparação do *setup*, garantindo que o mesmo está apto a ser instalado imediatamente.

Deste modo, durante a fase de *setup* apenas se torna necessário desviar o contentor de saída e posicionar o contentor de entrada, o que resulta no consumo de 90 segundos dentro do *setup*, face aos 180 segundos necessários antes da melhoria.

Estágio preliminar:

OPERADOR	t (seg) t (seg)		CHEFE DE EQUIPA	
Retirar contentor de peça anterior e levar para o WIP	I	180	180 I	Buscar e posicionar contentor da nova peça

Estágio 1:

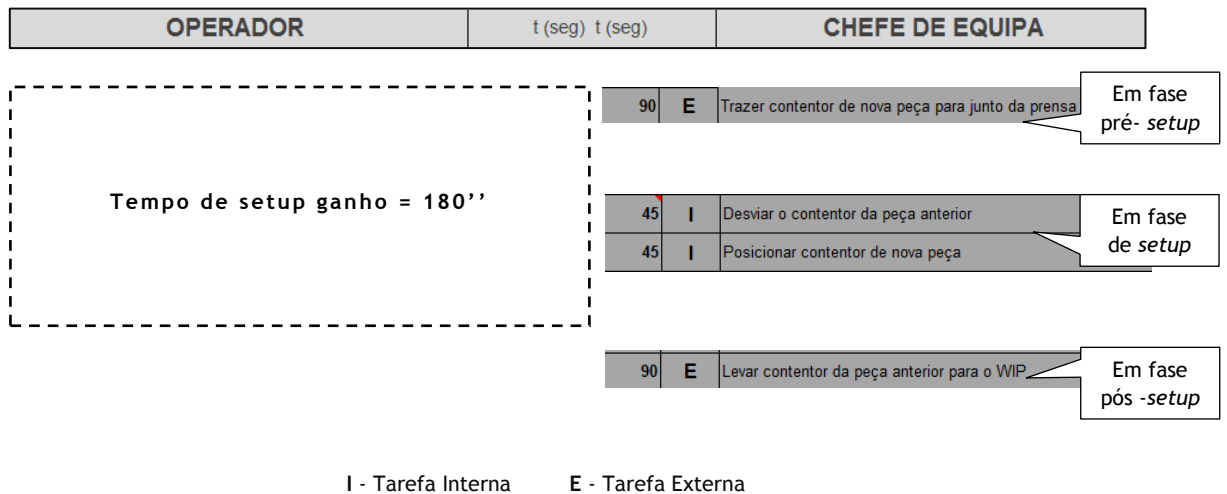


Figura 22 – Redefinição da tarefa, com separação de trabalho para a fase pré-*setup* e pós-*setup*.

As melhorias obtidas do estágio preliminar para o estágio1, podem ser vistas em esquema síntese na figura 23. Com estas melhorias foi possível reduzir o tempo de *setup* de 45min para 35min. Verifica-se que o tempo total de trabalho do chefe de equipa não aumentou com as tarefas adicionais e inclusive foi reduzido, o que atesta que o seu tempo foi de facto otimizado. O foco principal da separação de tarefas internas e externas, envolve sempre o operador como elemento central, porque efectivamente é ele quem desempenha o maior número de tarefas internas, sendo o chefe de equipa apenas um elemento auxiliar. Por isso mesmo, ao separar trabalho interno e externo não quer dizer que todas as tarefas internas serão feitas fora do tempo de paragem do equipamento. Significa porém que o maior número de tarefas possível deve ser retirado do tempo de trabalho interno do operador e colocado no tempo de trabalho do seu auxiliar.

Efectivamente o tempo de paragem diminui, pois o operador tem menos tarefas internas para desempenhar. Mas isso não aconteceu porque as restantes tarefas foram exclusivamente alocadas na fase de preparação ou pós *setup*.

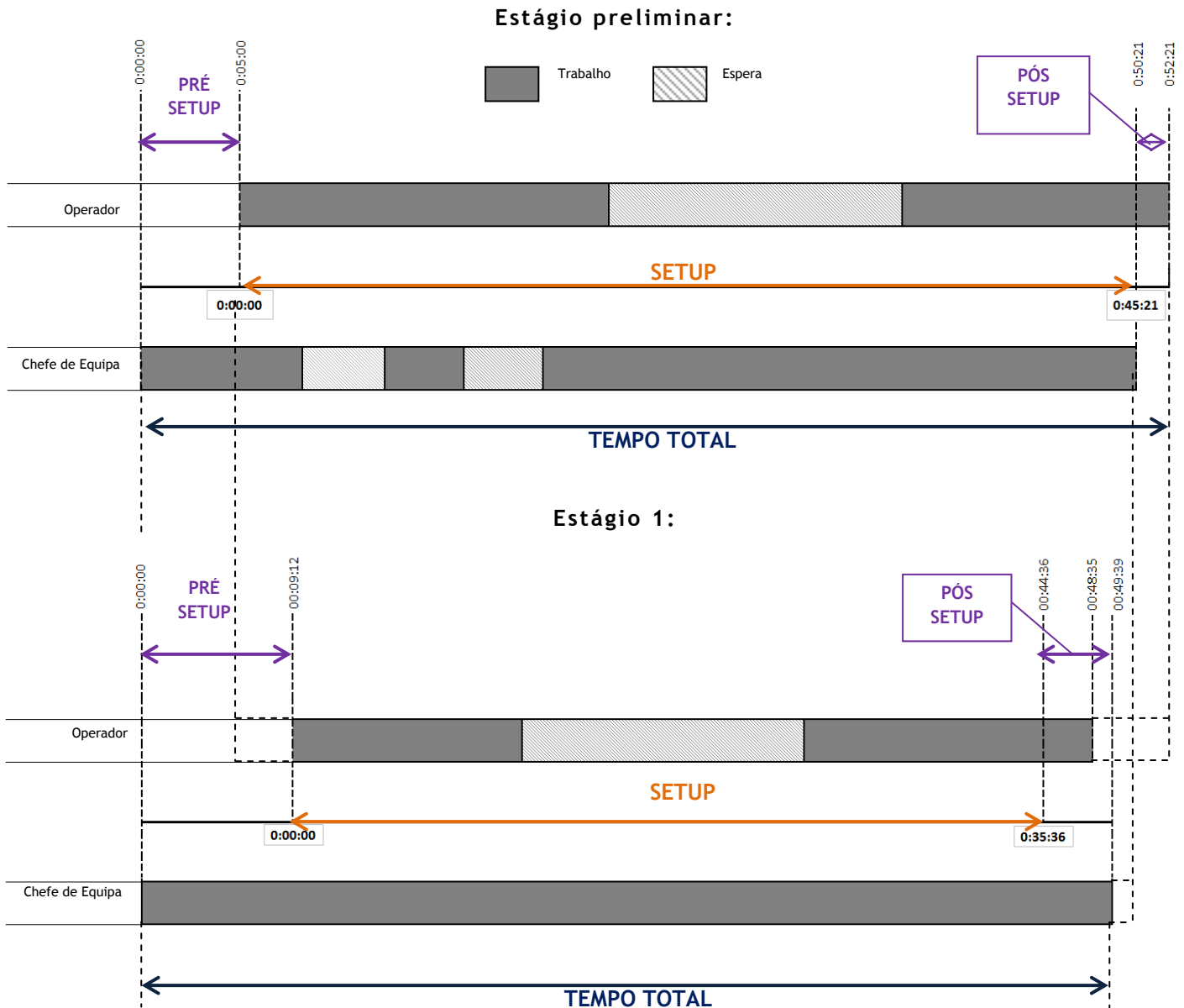


Figura 23 - Esquema da distribuição do trabalho e das esperas existentes na linha do tempo.

A presente tabela demonstra a diferença nos tempos associados à troca de referência entre o estágio preliminar e o estágio 1 com notória redução do tempo de *setup*.

	Estágio Preliminar	Estágio 1
Pré-setup	5min	9min
Setup	45min	35min
Pós-setup	2min	4min
Tempo total	52min	48min

Tabela 12 - Evolução dos tempos associados ao estágio preliminar e estágio 1.

3.10.2 Estágio 2: Converter tarefas internas em externas:

De acordo como levantamento do estado inicial tornou-se evidente que o maior consumo de tempo de *setup* estava na retirada e inserção das ferramentas. Este processo implicava movimentações de ferramentas durante a paragem da máquina, geridas pelo chefe de equipa, provocando tempos de espera prolongada ao operador. O foco deste estágio incidiu precisamente no conjunto de actividades que envolviam essa fracção de maior consumo de tempo.

A logística de ferramentas, que entretanto fazia parte do trabalho interno, foi redefinida, criando um suporte intermédio na vizinhança da prensa 4, conforme ilustrado na figura 24. Deste modo a ferramenta de entrada passou a ser trazida em fase pré-*setup* para o local, ficando apta para uma troca imediata. O suporte intermédio servia de acolhimento para a ferramenta de saída, que passou a ser transportada para o armazém após o término do *setup*.

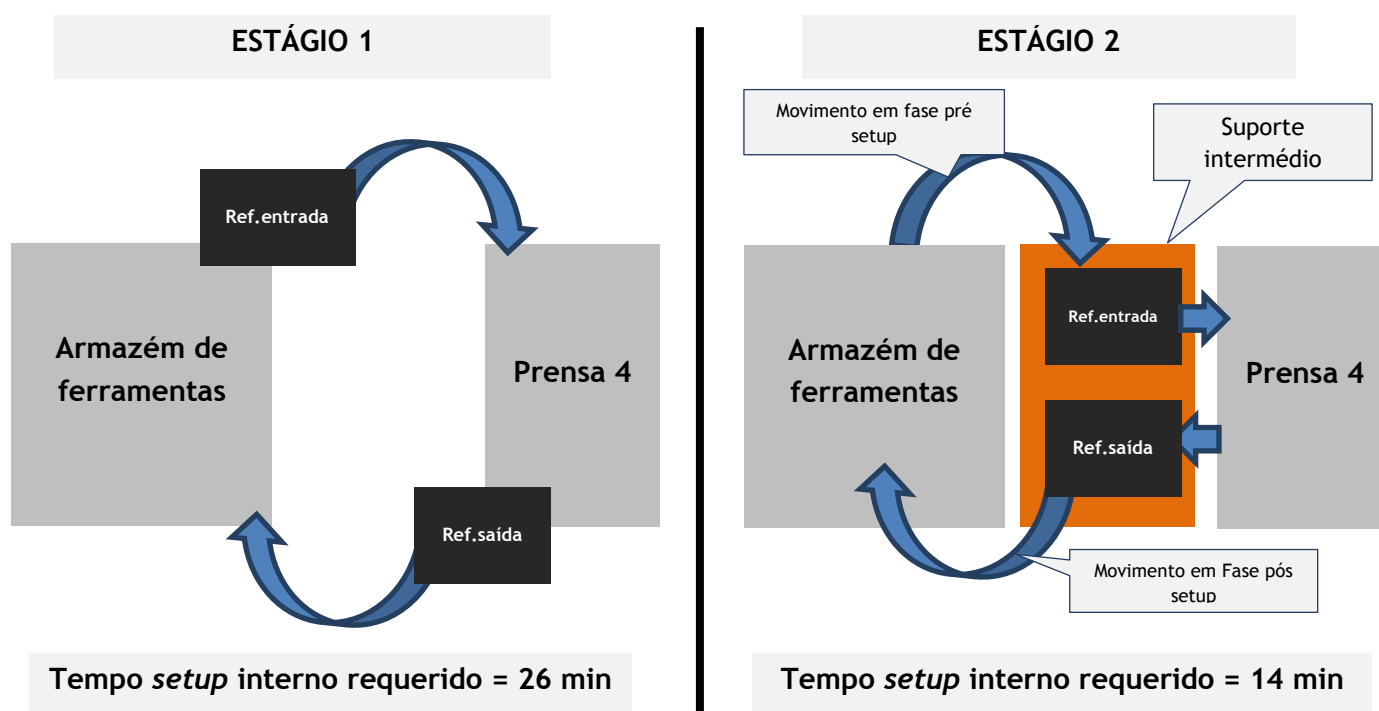


Figura 24 - Fluxo das ferramentas de entrada e de saída antes e após as melhorias do estágio 2.

Face à situação inicial, na qual as ferramentas percorriam uma distância de 40m em tempo interno, após a alteração a distancia percorrida durante o *setup* passou para 2m. O processo de troca da ferramenta levava 26 minutos, contra os 14 minutos, após implementação desta melhoria.

Estágio 1:

OPERADOR	t (seg)	t (seg)	CHEFE DE EQUIPA	
Retirar banda cortada e colocar na mesa de saída de peças	I	35		
Fechar as portas de segurança	I	3	58	E
Baixar prensa	I	10		
Abrir portas de segurança	I	10		
Desapertar frente da ferramenta e retirar calhas de escoamento	I	180	180	I
Subir prensa	I	10	60	E
Extrair mesa	I	50		
Prender ferramenta	I	75	75	I
Limpeza da mesa e posicionadores	I	200	436	E
			190	I
espera operador	N/A	896	380	E
			90	I
Apertar frente da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento	I	180	180	I

Estágio 2:

OPERADOR	t (seg)	t (seg)	CHEFE DE EQUIPA	
Retirar banda cortada e colocar na mesa de saída de peças	I	35		
Fechar as portas de segurança	I	3	58	N/A
Baixar prensa	I	10		
Abrir portas de segurança	I	10		
Desapertar frente da ferramenta e retirar calhas de escoamento	I	180	180	I
Subir prensa	I	10	60	E
Extrair mesa	I	50		
Prender ferramenta	I	75	75	I
Limpeza da mesa e posicionadores	I	200	120	I
Desprender ferramenta anterior e prender a ferramenta seguinte	I	80	80	I
espera operador	N/A	75	75	I
Apertar frente da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento	I	180	180	I

Trabalho feito na fase pré-setup

Levar a ferramenta para o armazém após o setup

I - Tarefa Interna E - Tarefa Externa

Figura 25 – Esquema das alterações efectuadas nas actividades do operador e chefe de equipa, entre o estágio 1 e 2.

A figura 25 pretende salientar as alterações nas tarefas do estágio 1 para o estágio 2. Com efeito, a tarefa B de deslocar a ferramenta para o armazém deixou de ser feita como trabalho interno. Em vez disso, a ferramenta de saída passou a ser instalada no suporte intermédio poupando

316 segundos face ao estágio anterior. Por sua vez, a tarefa C de soltar a ferramenta de saída passou a ser feita pelos dois elementos em paralelo. Isto só foi possível porque a tarefa era executada na zona da prensa, o que não acontecia anteriormente quando apenas o chefe de equipa se deslocava ao armazém para depositar a ferramenta.

A tarefa B deixa de fazer sentido, uma vez que a ponte rolante passou a ficar junto da prensa a partir do momento em que se trouxe a ferramenta de entrada em fase *pré-setup*. Acontece que a esta altura, a eliminação dessa tarefa deixou um *gap* na sequência de trabalho do chefe de equipa.

Resumindo, o tempo de *setup* beneficiou pela conversão do processo de movimentação das ferramentas em trabalho externo e reduziu-se a paragem do operador de **896 segundos para 75 segundos**. Essa espera residual ocorre durante a instalação da ferramenta sobre a mesa da prensa, efectuada pelo chefe de equipa que manipula a ponte rolante, (que já está no local), para esse efeito.

O tempo de preparação do *setup* aumentou de 9min para 15min, em virtude do processo de preparação da ferramenta de entrada e respectiva colocação no novo suporte intermédio. As diferenças nesse tempo de preparação entre o estágio 1 (Antes) e o estágio 2 (Depois) estão visíveis na tabela seguinte:

ANTES		DEPOIS		
Preparação do <i>setup</i> - Chefe de Equipa	Determinar referência de produção seguinte	60''	Determinar referência de produção seguinte	60''
	Imprimir fichas de acompanhamento	60''	Imprimir fichas de acompanhamento	60''
	Preparar meios de controlo	120''	Preparar meios de controlo	120''
	Trazer o kit de mudança para junto da prensa	60''	Trazer o kit de mudança para junto da prensa	60''
	Trazer o contentor da nova peça para junto da prensa	90''	Trazer o contentor da nova peça para junto da prensa	90''
	Buscar ponte para junto do novo rolo	30''	Buscar ponte para junto do novo rolo	30''
	Desembrulhar novo rolo	25''	Desembrulhar novo rolo	25''
	Prender novo rolo	20''	Prender novo rolo	20''
	Levar novo rolo para o carro	80''	Levar novo rolo para o carro	80''
	Desprender novo rolo	20''	Desprender novo rolo	20''
	Cortar cinta longitudinal	10''	Cortar cinta longitudinal	10''
			Transportar ferramenta nova para o suporte	380''
Total	575''	Total	1005''	

Tabela 13 – Alterações nas tarefas de preparação do *setup* entre o estágio 1 e 2.

Após o arranque da máquina, a função do operador é a de monitorizar as peças à saída da prensa. No trabalho pós-*setup* feito pelo operador, constavam duas tarefas que lhe consumiam tempo das suas funções principais. Tratava-se do controlo de qualidade da última peça da referência de produção anterior e do respectivo registo, que entretanto foram transferidas para o chefe de equipa, como demonstra a figura 26:

Estágio 1:

OPERADOR	t(seg)		t(seg)		CHEFE DE EQUIPA
Controlar primeira peça	E	60	45	E	Posicionar contentor de nova peça
Registar o controlo da primeira peça	E	60	90	E	Levar contentor da peça anterior para o WIP
Controlar a última peça da série anterior	E	60	30	E	Retirar ponte da área de trabalho
Registos quantidade de peças da série anterior	E	60	20	E	Arrumar porta-paletes
			20	E	Arrumar Kit de Mudança
			60	E	Controlar a última peça da série anterior
			60	E	Registos quantidade de peças da série anterior

Estágio 2:

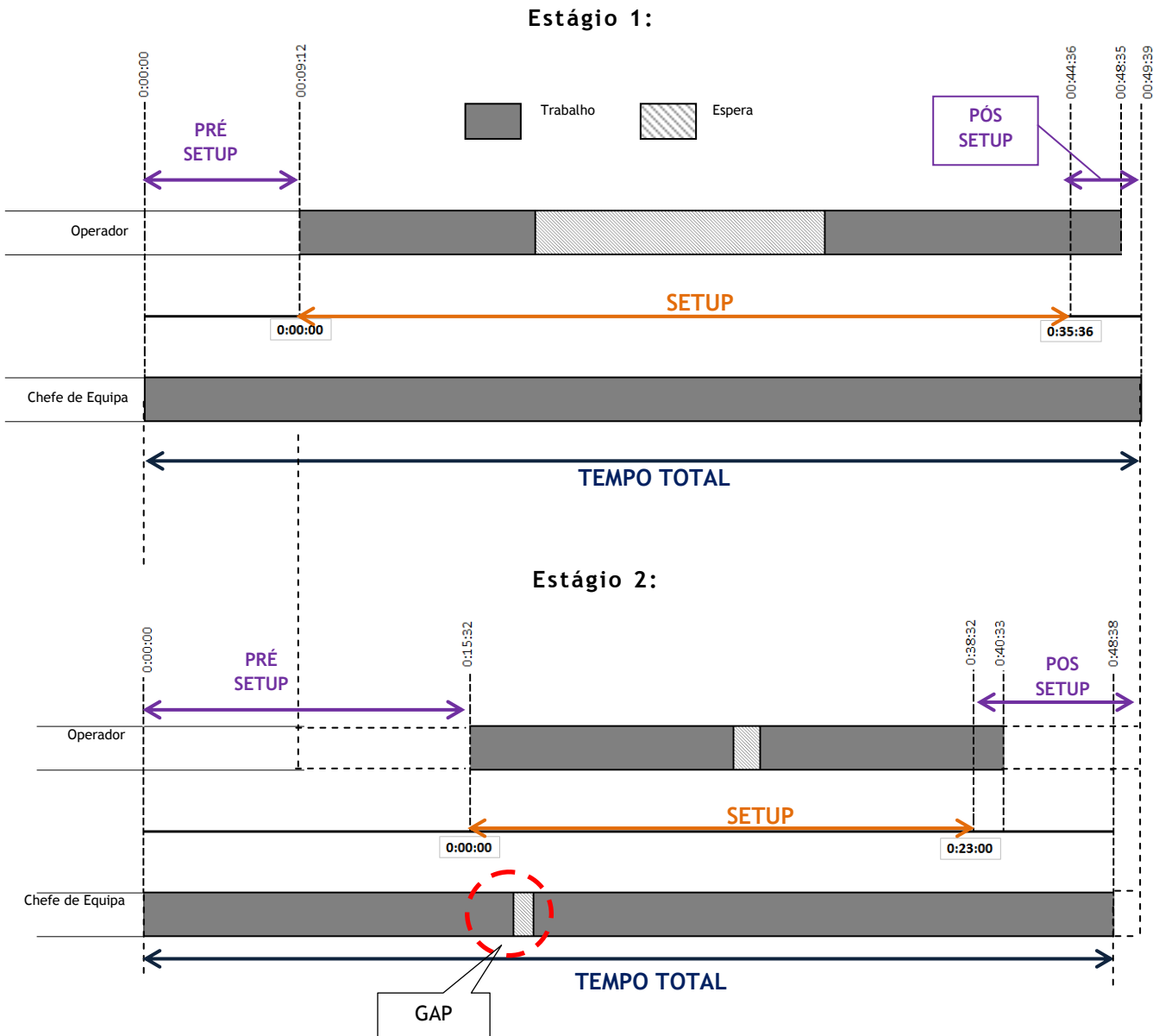
OPERADOR	t(seg)		t(seg)		CHEFE DE EQUIPA
Controlar primeira peça	E	60	45	E	Posicionar o contentor da nova peça
Registar o controlo da primeira peça	E	60	90	E	Levar contentor da peça anterior para o WIP
			380	E	Transportar ferramenta anterior para o armazém
			20	E	Arrumar porta-paletes
			20	E	Arrumar Kit de Mudança
			30	E	Retirar ponte da área de trabalho
			60	E	Controlar a última peça da série anterior
			60	E	Registos quantidade de peças da série anterior

I - Tarefa Interna E - Tarefa Externa

Figura 26 – Transferência de actividades após *setup* para o chefe de equipa, entre estágio 1 e 2.

As melhorias efectuadas no estágio 2 da aplicação do SMED foram claramente notórias e já permitiam nesse momento atingir os targets estipulados pela direcção em termos de tempo de *setup* objectivo. Pode observar-se na figura 27, presente na página seguinte, que após o estágio 2 da metodologia SMED o tempo de *setup* tinha passado de 35 para 23 minutos, além do trabalho de preparação ter aumentado significativamente e haver um maior número de tarefas efectuadas em período após *setup*, portanto como trabalho externo. Contudo ainda existiam ineficiências no trabalho de ambos os elementos, nomeadamente a paragem do operador e a nova paragem do chefe de equipa. Era de todo fundamental chegar à última

etapa da metodologia, tornar mais abrangente o conjunto de melhorias possíveis e padronizar o processo.



	Estágio Preliminar	Estágio 1	Estágio 2
Pré-setup	5min	9min	15min
Setup	45min	35min	23min
Pós-setup	2min	4min	10min
Tempo total	52min	48min	48min

Figura 27 - Esquema síntese das melhorias obtidas entre o estágio 1 e o estágio 2.

3.10.3 Estágio3: Optimizar todas as actividades do *setup*

O trabalho relativo a esta etapa dividiu-se em três pontos fundamentais:

1. Optimizar tarefas por meio de soluções técnicas;
2. Optimizar o método reorganizando a sequência das tarefas;
3. Padronizar as operações de troca de referência.

Optimizar as tarefas por meio de soluções técnicas:

A limpeza da mesa da prensa era efectuada pelo operador e consistia na retirada de restos de sucata e outros elementos estranhos que ficavam presos nas ranhuras. O processo era efectuado com uma vara metálica passando ao longo das ranhuras e removendo os detritos. Desenvolveu-se uma nova ferramenta simples de limpeza, que proporcionou um ganho efectivo no tempo requerido para essa operação interna. Essa melhoria está ilustrada em forma de esquema na seguinte figura:

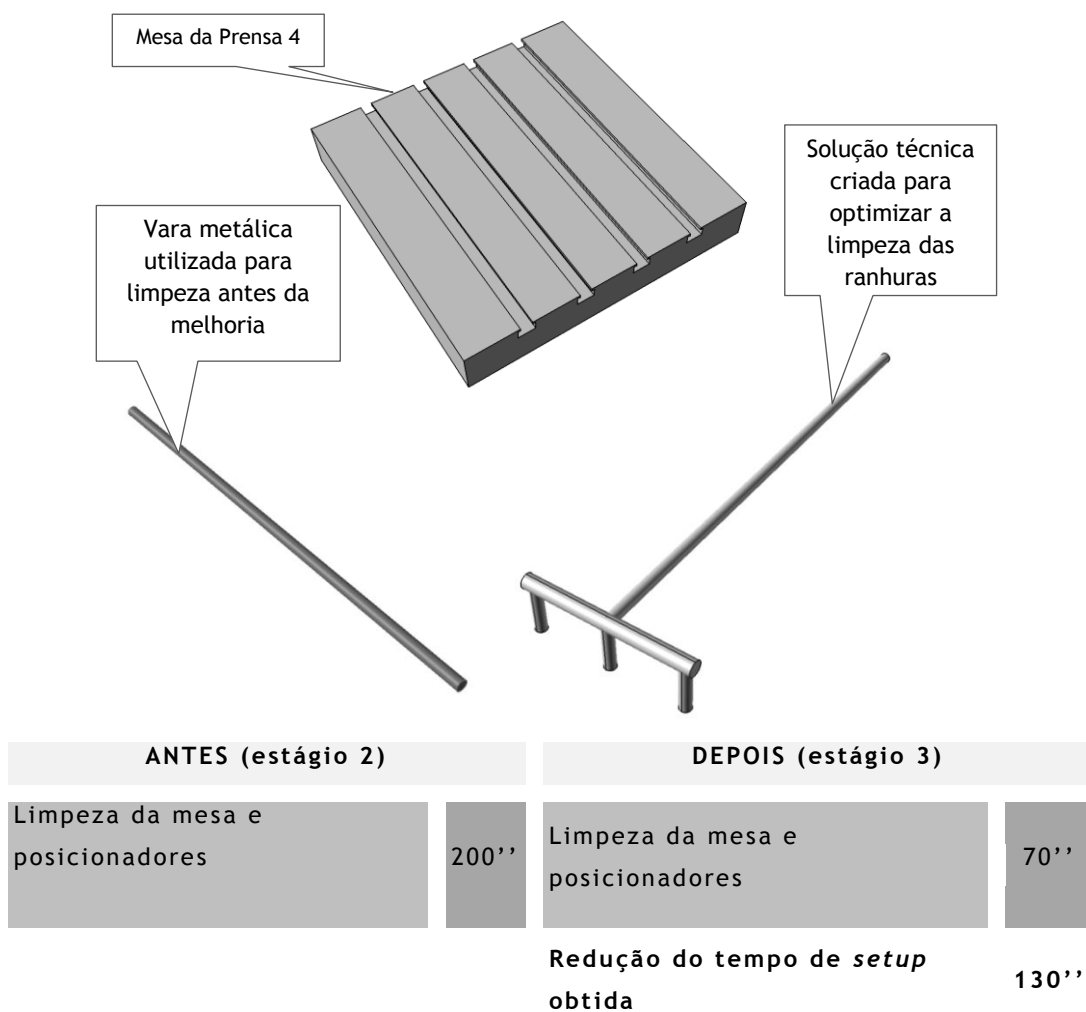


Figura 28 - Esquema representativo da solução técnica que permitiu optimizar a operação de limpeza da mesa.

Reorganizar a actividade de Limpar a sucata:

A limpeza e remoção de sucata eram efectuadas pelo operador e esta actividade passou a ser dividida com o chefe de equipa, de acordo o esquema da figura 29:

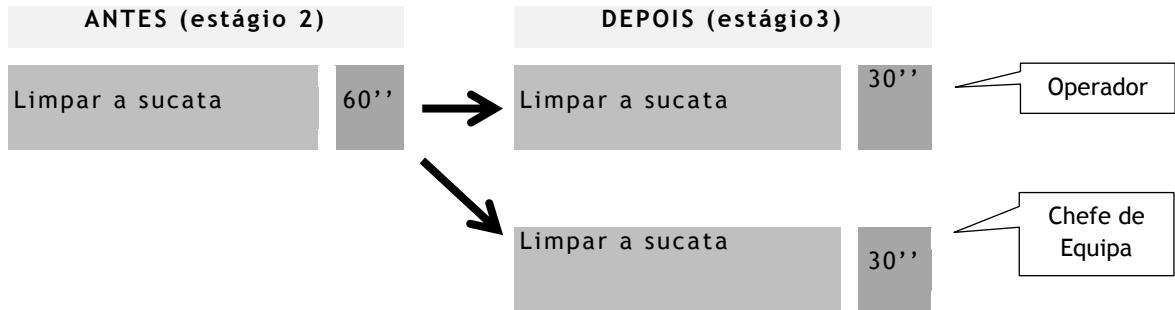


Figura 29 - Divisão da tarefa de limpar a sucata entre operador e chefe de equipa.

Ao efectuar essa divisão encaixou-se a tarefa da colocação das calhas no tempo de espera que ainda existia na sequência do chefe de equipa, fechando o *gap* que tinha transitado do estágio 2. A figura 30 pretende demonstrar esse processo:

Estágio 2:

OPERADOR		t (seg)	t (seg)	CHEFE DE EQUIPA
Limpar a sucata	I	60	60	Colocar calha de saída no armazém e trazer a nova
Retirar banda cortada e colocar na mesa de saída de peças	I	35	58 N/A espera	espera
Fechar as portas de segurança	I	3		
Baixar prensa	I	10		
Abrir portas de segurança	I	10		

Estágio 3:

OPERADOR		t (seg)	t (seg)	CHEFE DE EQUIPA
Limpar a sucata	I	30	30	limpar a sucata
Retirar banda cortada e colocar na mesa de saída de peças	I	35	58 E	Colocar a calha de saída no armazém e trazer a nova
Fechar as portas de segurança	I	3		
Baixar prensa	I	10		
Abrir portas de segurança	I	10		

I - Tarefa Interna E - Tarefa Externa

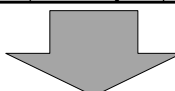
Figura 30 - Eliminação da paragem do chefe de equipa, pela divisão de tarefas e reorganização da sequência.

Alterar a sequência da actividade de programar parâmetros:

Esta melhoria já podia ter sido contemplada em fases anteriores, porém tratando-se de um processo contínuo, deve-se olhar para todas as melhorias obtidas até então de forma crítica. De facto tornou-se visível que para eliminar a espera do operador, bastava encaixar nesse período inactivo a programação dos parâmetros da máquina. Essa actividade teria que ser feita sempre em trabalho interno, mas não há nenhuma limitação técnica que obrigue a que seja efectuada após a inserção da ferramenta da nova referência. A figura 31 demonstra alteração do momento em que essa actividade é efectuada na sequência de tarefas do operador, entre o estágio 2 e 3.

Estágio 2:

OPERADOR	t (seg)	t (seg)	CHEFE DE EQUIPA
espera	N/A	75	Colocar ferramenta em cima da mesa
Apertar frente da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento	I	180	Apertar traseira da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento
Colocar mesa na prensa	I	60	Posicionar o carro do novo rolo
Programação de parâmetros (pancada, passo e reset contador)	I	50	Soltar ganchos e retirar cinta para o chão
Baixar a prensa	I	10	Desenrolar chapa até ao alimentador



Estágio 3:

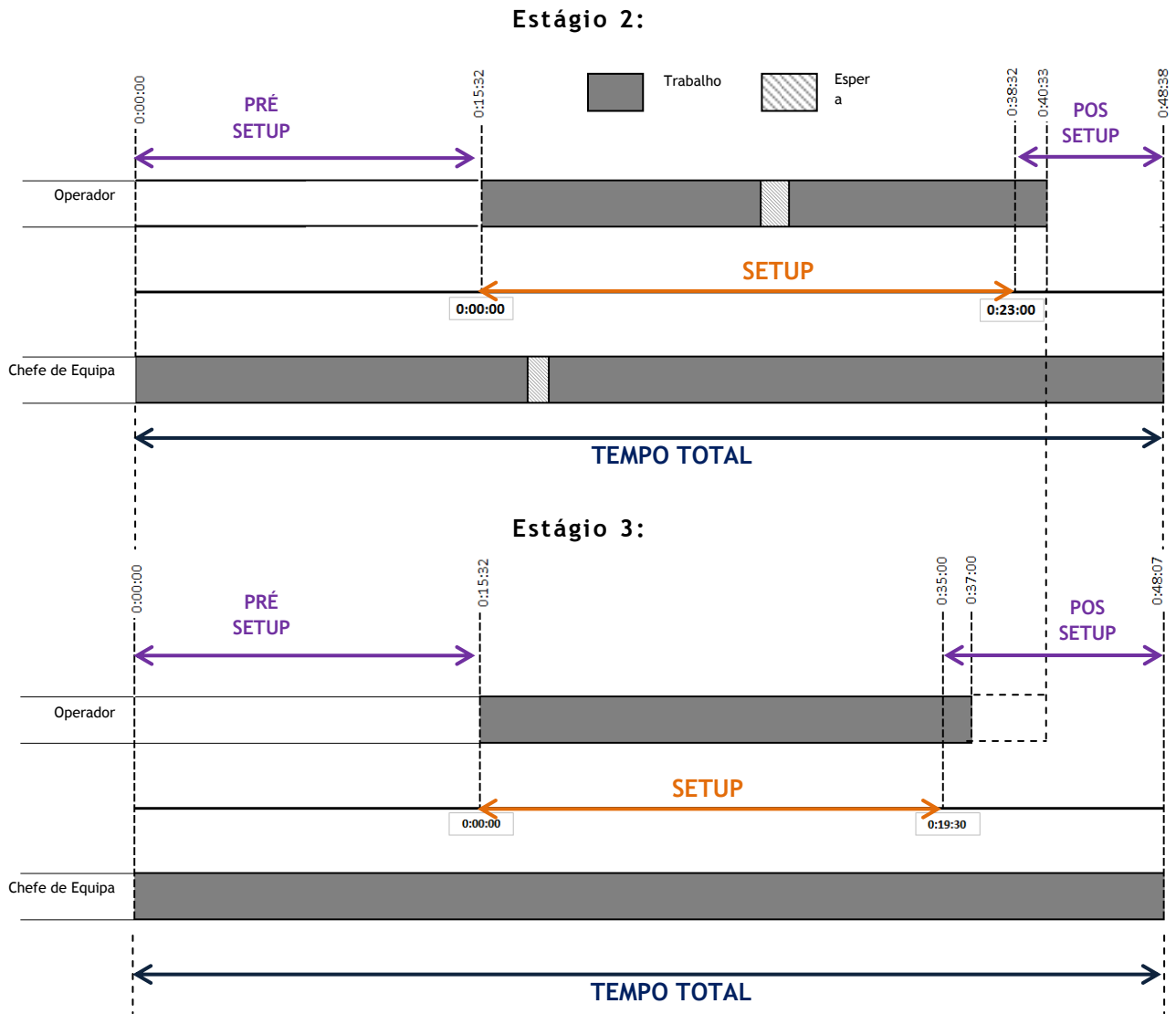
Programação de parâmetros (pancada, passo e reset contador)	I	75	Colocar ferramenta em cima da mesa
Apertar frente da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento	I	180	Apertar traseira da ferramenta nova e encaixar calhas de escoamento
Colocar mesa na prensa	I	60	Posicionar o carro do novo rolo
Baixar a prensa	I	10	Soltar ganchos e retirar cinta para o chão

I - Tarefa Interna E - Tarefa Externa

Figura 31 – Reorganização da sequência de tarefas.

No final e observando a síntese presente no esquema da figura 32 obtém-se uma redução do tempo de *setup* de 23min para 20min e a eliminação do tempo de paragem por espera do operador. Foram efectuadas as melhorias possíveis no tempo útil disponível ao nível dos 3 estágios da metodologia SMED e com isso, conseguiu-se atingir e superar os targets que tinham sido delineados pela direcção.

O tempo total de trabalho não foi reduzido de forma notória, pois no início do projecto englobava 52min contra os 48min finais, contudo a parte do tempo em que a máquina está parada foi reduzida drasticamente dos 45min para os 20min.



	Estágio Preliminar	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3
Pré-setup	5min	9min	15min	15min
Setup	45min	35min	23min	20min
Pós-setup	2min	4min	10min	13min
Tempo total	52min	48min	48min	48min

Figura 32 - Esquema síntese das melhorias obtidas ao longo de todos os estágios da metodologia.

Padronizar as operações de troca de referência:

Uma vez alcançado o patamar de melhoria desejado, é necessário manter firmes os resultados obtidos. Um dos factores mais importantes para que a metodologia e os seus resultados no terreno perdurem será a monitorização do processo de forma contínua e sistemática. A equipa do projecto SMED estruturou no final do projecto-piloto, um modo operatório resultante da sucessiva evolução do procedimento de troca de referência ao longo da aplicação da metodologia.

A definição de um modo operatório padronizado é fundamental para dar seguimento a essa monitorização, ao mesmo tempo que funciona como auxílio aos operadores que executam o procedimento. Serve como base de treino para as actividades, bem como de formação para novos operadores.

O modo operatório deve conter a sequência definida das tarefas a executar bem como os seus responsáveis, o tempo estipulado para execução e as ferramentas de auxílio necessárias.

Deve também separar claramente as tarefas a executar dentro do período de *setup*, daquelas que fazem parte da fase de preparação e da fase posterior, tornando-se uma ferramenta útil quer na preparação quer na execução do *setup*.



Capítulo 4 Considerações Finais

4 Considerações Finais

Sucintamente, o desenvolvimento deste trabalho permitiu um aprofundamento dos conhecimentos ao redor do modelo produtivo *Lean Manufacturing* e em particular da metodologia SMED, no que toca ao seu âmbito, à sua abrangência e à sua aplicação na realidade. Passando em revista todo o trabalho, torna-se fundamental separar as considerações finais em três subtemas essenciais.

4.1 Crítica aos resultados obtidos

A implementação do SMED através do projecto-piloto surtiu resultados claramente satisfatórios, perante aquilo que tinham sido os objectivos delineados pela direcção à equipa de trabalho. Com efeito, conseguiu-se alcançar uma redução dos tempos de *setup* maior do que aquilo que tinha sido expectado.

É preciso porém, considerar à luz da investigação feita sobre o estado da arte da metodologia SMED, alguns factores de cabal importância por forma a estabelecer uma visão mais assertiva sobre os resultados obtidos.

Em primeiro lugar há que salientar que, estando já a empresa familiarizada com a filosofia *Lean*, fazendo parte de um grupo que fomenta um elevado grau de comprometimento com essas práticas, demonstrou uma vez mais compreender o potencial das metodologias e ferramentas associadas, bem como da melhoria que se pode obter com elas sem necessidade de investimento, de acordo com as necessidades particulares do contexto em que se encontra.

No sentido de apresentar e criticar os resultados obtidos de forma estruturada, efectua-se um alinhamento dos mesmos com as questões que foram enunciadas no **subcapítulo 1.1**):

1. A metodologia SMED tem uma estrutura de 3 estágios rigorosa e inflexível, ou as melhorias aplicadas podem abranger vários estágios de forma conjunta?

- A metodologia SMED dividida em estágios fundamentais, conforme a concepção original de Shigeo Shingo, na prática nem sempre funciona dessa forma estruturada e dividida. Com efeito, existem muitas etapas associadas a alguns estágios, que são efectuadas em estágios diferentes. No fundo, a sua aplicação no terreno deve respeitar os conceitos fundamentais da separação de trabalho

interno e externo, conversão de trabalho interno em externo e melhoria de todas as actividades, mas isso tudo pode resultar na integração de um único estágio híbrido.

- De facto este projecto-piloto demonstrou que ao longo dos 3 estágios do SMED apresentados, houve tarefas que pela definição teórica seriam aplicáveis em estágios diferentes. É o caso da execução de tarefas em paralelo por indivíduos diferentes, que teoricamente deve ser implementada no estágio 3, mas que no caso deste projecto foi se colocando em prática ao longo dos restantes.

2. Comprova-se no contexto real que apenas com a reorganização de trabalho e criação de método, a metodologia SMED pode alcançar ganhos em tempo de setup acima dos 50%?

- Todo o projecto SMED foi desenvolvido sem contemplar reengenharia e/ou aquisição de novos equipamentos. Desta forma, não foi aplicável no terreno o conjunto de factores associados ao *design* de equipamentos otimizados para a troca de referências.
- Efectivamente tratou-se da aplicação da metodologia numa base de reorganização de trabalho, treino e implementação de método sistemático e eficaz de desempenho das diversas operações. Comprovou-se com isso que o SMED fornece ganhos notórios sustentados nas componentes método e organização e, **as melhorias obtidas foram na ordem dos 45% de redução de tempo de *setup*.**

3. Qual foi o grau de aproveitamento do potencial de melhoria que a empresa obteve pela aplicação da metodologia SMED?

- Convém entender que **a empresa necessitava de aumentar a produtividade de todo o seu sistema e integrou a metodologia SMED como forma de contribuir para esse fim, não tirando partido de todo o conjunto de vantagens que podem advir da sua implementação, nomeadamente, reduzir os lotes, aumentar a qualidade, aumentar a frequência dos *setups* e reduzir os *leadtimes*.**
- A ideia da empresa era manter a mesma frequência de *setups* e a única diferença notória seria apenas o seu tempo menor, traduzido num maior tempo de produção por cada referência.
- A incidência do projecto SMED foi apenas na redução dos tempos de *setup* e não contemplou a aplicação de melhorias para reduzir os

tempos de preparação e período pós *setup*. Isto porque em termos práticos esse não seria de todo o âmbito dos trabalhos no terreno, cujo foco estava no tempo de paragem máquina e na sua optimização.

Paralelamente aos tópicos anteriores existem outros elementos específicos a realçar, daquilo que foram os resultados do trabalho prático de implementação do SMED, que de resto reforçam o desvio que ocorre na aplicação prática dos conceitos da metodologia, que nem sempre segue à risca as definições teóricas.

- Por definição o *setup* corresponde ao tempo de paragem de máquina entre a última peça da referência anterior e a primeira peça com qualidade da referência de entrada. No presente trabalho prático, a validação da qualidade da primeira peça com qualidade foi colocada em trabalho externo. De facto isso pode suscitar diversas críticas na perspectiva de enquadrar a definição rigorosa do conceito de *setup*. Mas em ambiente de trabalho é preciso ponderar e adaptar os conceitos teóricos, e acontece que na realidade deste projecto a validação da primeira peça com qualidade era feita por meio de medições e gabaritos, o que consumia tempo de operador ou chefe de equipa. Independentemente do elemento que controlasse a peça, pela definição rigorosa de *setup*, a produção só arrancaria após a peça ser validada. Tal estratégia só faria sentido se a probabilidade da primeira peça não ter qualidade fosse elevada e verificando que não é essa a realidade do processo de estampagem da empresa, optou-se por manter o lote de produção, enquanto é feita a validação da primeira peça, “suspeito”. Após validação da peça, todo o lote fica liberto e em caso contrário, esse lote é segregado. Estando a falar de um tempo de validação na ordem dos 2min, o lote “suspeito” não é representativo.

Em síntese, os resultados do projecto como um todo foram favoráveis e um dos factores fundamentais para o seu sucesso foi, de facto, a motivação associada a toda a equipa. Perante um cenário de aumento de volume de negócios, o grau de motivação das pessoas fica renovado. O trabalho foi árduo mas a finalidade do mesmo era do conhecimento de todos e o comprometimento com essa meta foi geral.

4.2 Próximos passos e propostas de melhoria futuras.

A próxima etapa após a conclusão com sucesso do projecto-piloto de implementação do SMED é sem dúvida a sua disseminação por todo o sector de estampagem da empresa. Não obstante, é necessário manter o acompanhamento e monitorização contínua das actividades de *setup* na prensa 4, para que as boas práticas implementadas não desvançam com o tempo. O modo operatório foi definido mas é preciso respeitar a sua importância no futuro.

Será importante para a empresa definir uma estratégia de monitorização, determinando um conjunto de responsáveis por essa tarefa, pois só dessa forma se conseguirá consolidar todo o trabalho desenvolvido no projecto - piloto e manter sustentáveis os resultados do SMED.

Desde o término do projecto que ainda não foi colocada em prática a sua expansão às restantes prensas, no entanto certamente que a direcção está a delinear a estratégia mais adequada para levar a bom porto a conclusão dessa acção em tempo útil.

A implementação do SMED no seio desta empresa permitiu abrir vários caminhos de oportunidades de novas melhorias, e quem sabe de novos trabalhos no futuro.

A integração dos novos projectos é um assunto sobre o qual não há informação detalhada a esta data. Porém a direcção já transmitiu que o processo está em desenvolvimento e que a unidade terá que se preparar para uma nova era no seu contexto produtivo, que contemplará a aquisição de novos equipamentos e a ampliação das instalações actuais.

Em função desses novos projectos que estão para entrar na unidade fabril e perante a aquisição de novos equipamentos que estará perspectivada, será estratégico distribuir as referências de produção no futuro pelo total dos equipamentos e dessa forma tirar partido das outras vantagens que o SMED fornece:

- O planeamento poderá rever o dimensionamento dos seus lotes, que ficarão distribuídos por um maior número de equipamentos, e tirar partido de um aumento da flexibilidade produtiva contribuindo para a caminhada em direcção a um sistema de produção Just-In-Time.
- A gestão de topo poderá considerar a aquisição de equipamentos mais optimizados para os processos de *setup* e garantir *a priori* uma melhoria nesse campo.

A par disso, tanto a metodologia SMED como toda a filosofia envolta no *Lean Manufacturing* em geral tem o envolvimento das pessoas como elemento fundamental. Nesse sentido, lança-se o desafio à empresa e ao grupo no

geral para que não poupe esforços na gestão, formação e motivação de todos os colaboradores. Para que envolva ao máximo as pessoas nas melhorias e que lhes reconheça o mérito pelos bons resultados, pois só desse modo poderá criar uma estrutura sólida e confiável e enfrentar os desafios de um mercado impiedosamente competitivo.

4.3 Apreciação final

A oportunidade que tive em fazer parte integrante da equipa do projecto, permitiu-me criar um *background* mais sólido no conhecimento do SMED, e particularmente, da sua aplicação no terreno com todas as variáveis e dificuldades associadas.

O crescimento pessoal e profissional que a experiência me permitiu é de todo uma mais-valia inegável, com impacto significativo. Além disso, é algo que também teve impacto no ambiente produtivo da unidade fabril e terá certamente nos tempos que aí vêm.

5 Referências Bibliográficas

- Abdulmalek, F.A.; Rajgopal, J.- Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics**. ISSN 0925-5273. Vol. 107, n.º 1 (2007), p.223-236.
- Allahverdi, A.; Soroush, HM- The significance of reducing *setup* times/*setup* costs. **European Journal of Operational Research**. ISSN 0377-2217. Vol. 187, n.º 3 (2008), p.978-984.
- Braglia, M.; Carmignani, G.; Zammori, F.A.- 18th ICPR paper: A NEW VALUE STREAM MAPPING APPROACH FOR COMPLEX PRODUCTION SYSTEMS. (2006).
- Cabrita, Carlos Pereira- **Caracterização das filosofias lean production, six sigma, lean sigma e lean maintenance**. Universidade da Beira Interior, 2009.
- Cakmakci, M.; Karasu, M.K.- Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. ISSN 0268-3768. Vol. 33, n.º 3 (2007), p.334-344.
- Carvalho, J.L.A.- Reengenharia de processos na indústria farmacêutica. (2010).
- Chen, L.; Meng, B.- The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production System. **International Journal of Business and Management**. ISSN 1833-8119. Vol. 5, n.º 6 (2010), p.P203.
- Culley, SJ, *et al.*- Sustaining changeover improvement. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**. ISSN 0954-4054. Vol. 217, n.º 10 (2003), p.1455.
- de Albuquerque Maia, R.; Idrogo, A.A.A.; Leite, M.S.A.- O USO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (TRF) PARA OTIMIZAR AS OPERAÇÕES DE *SETUP* EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO CALÇADISTA. **XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**. (2008).
- Eroglu, A.; Ozdemir, G.- An economic order quantity model with defective items and shortages. **International Journal of Production Economics**. ISSN 0925-5273. Vol. 106, n.º 2 (2007), p.544-549.
- Fogliatto, F.S.; Fagundes, P.R.M.- Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**. Vol. 10, n.º 2 (2003), p.163-181.
- Hicks, BJ- Lean information management: Understanding and eliminating waste. **International journal of information management**. ISSN 0268-4012. Vol. 27, n.º 4 (2007), p.233-249.
- Jaber, M.Y.- Lot sizing for an imperfect production process with quality corrective interruptions and improvements, and reduction in *setups*. **Computers & Industrial Engineering**. ISSN 0360-8352. Vol. 51, n.º 4 (2006), p.781-790.
- KUSAR, J., *et al.*- Reduction of Machine *Setup* Time. **Strojniški vestnik**. ISSN 0039-2480. Vol. 56, n.º 12 (2010), p.833-845.

Levinson, W.A.- **Henry Ford's lean vision: Enduring principles from the first Ford motor plant.** Productivity Press, 2002.

Liker, J.K.- **The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer.** McGraw-Hill Professional, 2004. ISBN 0071392319.

Lixia, C.; Bo, M.- **Research on the five-stage method for Chinese enterprises to implement lean production.** IEEE, 2010.

Lopes, R.; Neto, C.; Pinto, J.P.- Quick Changeover: Practical application of method SMED. **Tecnometal.** ISSN 0870-8444. Vol. 28, n.º 167 (2006), p.5-10.

Marchwinski, C.- **Lean lexicon: A graphical glossary for lean thinkers.** Lean Enterprise Institute, 2008. ISBN 0966784367.

McIntosh, R., *et al.*- Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology. **Engineering Management, IEEE Transactions on.** ISSN 0018-9391. Vol. 54, n.º 1 (2007), p.98-111.

McINTOSH, RI, *et al.*- A critical evaluation of Shingo's' SMED'(Single Minute Exchange of Die) methodology. **International Journal of Production Research.** ISSN 0020-7543. Vol. 38, n.º 11 (2000), p.2377-2395.

Meirelles, F.M.- Implantação da troca rápida de ferramentas em uma indústria siderúrgica. (2004).

Michels, B.T.- Application of Shingo's Single Minute Exchange of Dies. **Bold.** Vol. 5, n.º 20/07 (2007).

Mileham, AR, *et al.*- The impact of *Run-Up* in ensuring rapid changeover. **CIRP Annals-Manufacturing Technology.** ISSN 0007-8506. Vol. 53, n.º 1 (2004), p.407-410.

Min, W.; Sui Pheng, L.- Modeling just-in-time purchasing in the ready mixed concrete industry. **International Journal of Production Economics.** ISSN 0925-5273. Vol. 107, n.º 1 (2007), p.190-201.

Missbauer, H.- Order release and sequence-dependent *setup* times. **International Journal of Production Economics.** ISSN 0925-5273. Vol. 49, n.º 2 (1997), p.131-143.

Mohanty, RP; Yadav, OP; Jain, R.- Implementation of lean manufacturing principles in auto industry. **Vilakshan–XIMB Journal of Management.** (2007), p.1–32.

Ohno, T.- **Toyota production system: beyond large-scale production.** Productivity Pr, 1988. ISBN 0915299143.

Pettersen, J.- Defining lean production: some conceptual and practical issues. **The TQM Journal.** ISSN 1754-2731. Vol. 21, n.º 2 (2009), p.127-142.

Pinto, João Paulo- **Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras.** Lidel - Edições Técnicas, Lda., 2009a.

Pinto, José Luís Quesado- **Modelo de Implementação do pensamento JIT - Uma abordagem prática aos conceitos.** Publindustria Edições Técnicas, 2009b. ISBN 978-972-8953-35-5.

Reik, MP, *et al.*- Design for changeover (DFC): enabling the design of highly flexible, highly responsive manufacturing processes. **Mass Customization: Challenges and Solutions**. (2006).

Schroeder, Marchwinski; John Shook; Alexis- **Lean lexicon: A graphical glossary for lean thinkers**. Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise Institute, 2008. ISBN 0966784367.

Shahin, A.; Janatyan, N.- Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity. **International Business Research**. ISSN 1913-9012. Vol. 3, n.º 4 (2010), p.P105.

Shingo, Shigeo- **A revolution in manufacturing: the SMED system**. Productivity Press, 1985. ISBN 0915299038.

Sugai, M.; McINTOSH, R.I.; Novaski, O.- Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **São Carlos: Revista Gestão & Produção**. Vol. 14 (2007).

Treville, S.; Antonakis, J.- Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**. ISSN 0272-6963. Vol. 24, n.º 2 (2006), p.99-123.

Van Goubergen, D.; Lockhart, T.- Human Factors Aspects in Set-Up Time Reduction. **Integrating Human Aspects in Production Management**. (2005), p.127-135.

Van Goubergen, D.; Van Landeghem, H.- **ROLE AND RESPONSIBILITY OF THE EQUIPMENT DESIGN ENGINEER IN THE SET-UP REDUCTION EFFORT**. 2001.

Van Goubergen, D.; Van Landeghem, H.- Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**. ISSN 0736-5845. Vol. 18, n.º 3-4 (2002), p.205-214.

Van Landeghem, H.; LIAN, Y.H.- Analyzing the Effects of Lean Manufacturing using a Value Stream Mapping based simulation generator. (2007).

Womack, J.P.; Jones, D.T.- **Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together**. Free Pr, 2005. ISBN 0743277783.

Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D.- The machine that changed the world: The story of lean production. (1991).

Womack, J.P., *et al.*- **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. Simon & Schuster Audio, 1996. ISBN 0671574221.



Anexos

