



SMED E A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

PEDRO FILIPE BARROS RODRIGUES TOMÁS COSTA

dezembro de 2022

SMED E A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

Pedro Filipe Barros Rodrigues Tomás Costa

1160959

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica



SMED E A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

Pedro Filipe Barros Rodrigues Tomás Costa

1160959

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do professor Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá.

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor António Manuel Pereira da Silva Amaral

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Luís Manuel Cerqueira Barreto

Professor Coordenador, Escola Superior de Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Viana do Castelo

PALAVRAS-CHAVE

SMED, Sustentabilidade, Filosofia Lean

RESUMO

Na última década foi observado nas indústrias a tendência de redução do tempo de setup das diversas máquinas presentes nas mesmas. A empresa Ricardo & Barbosa – empresa onde se fabricam ferramentas e moldes para peças do setor automóvel, energético, eletrónico e ainda, mais recentemente, aeroespacial – foi uma das empresas impactadas por esta tendência. Porém, existiam algumas máquinas em que esta redução de tempo de setup ainda não tinha sido pensada. Neste caso de estudo foi implementado um método associado à filosofia Lean: *Single Minute Exchange of Die* (SMED). O SMED foi aplicado ao serrote para corte de matérias-primas presente no armazém da empresa. A implementação desta metodologia culminou numa redução aproximada de tempo de setup da máquina em cerca de 43%.

A metodologia usada na recolha de dados foi a metodologia investigação-ação, que será posteriormente explicada.

De modo a relacionar a implementação do SMED na empresa com o aumento da sustentabilidade da mesma, foram estudados os diversos impactos nos 3 pilares da sustentabilidade: económica, social e ambiental, sendo esses impactos calculados para antes e após a implementação da metodologia SMED.

Os resultados que foram obtidos permitem concluir que a metodologia impactou positivamente e negativamente esses 3 indicadores de sustentabilidade na secção em questão, tudo isto devido à redução de tempo de setup.

KEYWORDS

SMED, Lean philosophy, Sustainability

ABSTRACT

In the last decade, industry businesses have shown a tendency for reducing their machine's setup time. The company Ricardo & Barbosa LDA. – company that is specialized in making specific molds and tools for the automotive sector, as well as energetic, electronic or, more recently, aerospace – was one of the businesses that was impacted by this tendency. However, there were some machines where this reduction of setup time wasn't implemented yet. In this case study, one method of the lean philosophy was implemented: the method Single Minute of Exchange of Die (SMED). SMED was implemented into the semiautomatic bandsaw machine placed in the company's warehouse that is used to cut raw materials. The implementation of this methodology has made approximately 43% in reduction of setup time.

To connect the implementation of SMED with sustainability, there were studied all of the impacts in the 3 main sustainability's indicators: economic sustainability, social sustainability and environmental sustainability, being this impacts calculated before and after the implementation of this methodology.

The obtained results make us conclude that in this machine this methodology has impacted both positively and negatively those 3 indicators of sustainability, all of that due to the decrease of setup time.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AISI	American Iron and Steel Institute
DIN	Deutsches Institut für Normung
EUA	Estados Unidos da América
GMP	Green Management Practices
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LDA.	Limitada
LMP	Lean Management Practices
OF	Ordem de Fabrico
OFC	Ordem de Fabrico Curta
OFL	Ordem de Fabrico Longa
SMED	Single Minute Exchange of Dies
TPS	Toyota Production System

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Kaizen	Ferramenta da metodologia Lean
Lean	Metodologia que se foca na redução dos desperdícios
Mindset	Características da mente humana que determinam os pensamentos da pessoa
Matéria-Prima	Materiais básicos utilizados para produzir peças
Setup externo	Tempo de setup realizado enquanto a máquina está a funcionar
Setup interno	Tempo de setup realizado enquanto a máquina está parada
Skills	Habilidades
Tempo de setup	Tempo necessário para ligar a máquina

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Indicadores da sustentabilidade (<i>Circular Ecology</i> , 2021).....	15
Figura 2 – Modelo de um aplicador projetado e produzido na Ricardo & Barbosa	28
Figura 3 - Ventilador produzido e projetado na Ricardo & Barbosa.....	28
Figura 4 - Serrote de corte de matérias-primas.....	29
Figura 5 - Iniciação do processo de corte	30
Figura 6 - Exemplo de uma ordem de fabrico	31
Figura 7 - Depósito de limalhas sem separação	39
Figura 8 - Depósito de limalhas separadas por tipo de material	40
Figura 9 - Instrumentos auxiliares para transporte de matérias-primas	44
Figura 10 - Organização das matérias-primas prioritárias.....	45
Figura 11 - Stock de normalizados em caixas de fornecedores.....	46
Figura 12 - Stock de parafusos cabeça cilíndrica	47
Figura 13 - Separação de sobras.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Os 8 tipos de desperdício, causas e soluções (Melton, 2005).....	11
Tabela 2 - Análise dos temas e subtemas que classificam a sustentabilidade social, adaptado de United Nations, 2007.....	18
Tabela 3 - Resultados esperados do SMED (Shingo, 1985).....	23
Tabela 4 - Tempo de setup do 1º turno antes da aplicação da metodologia.....	34
Tabela 5 - Tempo de setup do 2º turno antes da aplicação da metodologia.....	35
Tabela 6 - Percentagem de setup interno e externo relacionado às ações realizadas.....	37
Tabela 7 - Possibilidade de externalização de setup.....	38
Tabela 8 - Horários dos trabalhadores desta secção.....	40
Tabela 9 - Distribuição horária do posto de trabalho.....	41
Tabela 10 - Modo operatório do operador do armazém.....	42
Tabela 11 - Implementações futuras.....	48
Tabela 12 - Tempos de setup após a metodologia SMED.....	51
Tabela 13 - Análise dos 3 critérios de sustentabilidade.....	54
Tabela 14 - Tabela produtiva dos 3 dias aleatórios antes do SMED.....	55
Tabela 15 - Tabela produtiva dos 3 dias aleatórios após o SMED.....	55
Tabela 16 - Resultados médios.....	56
Tabela 17 - Cálculo da faturação diária.....	56
Tabela 18 - Consumo do óleo.....	60
Tabela 19 - Consumo real do óleo.....	61
Tabela 20 - Cálculo do custo energético anual associado ao setup.....	62
Tabela 21 - Cálculo da energia gasta pelos trabalhadores antes do SMED.....	64
Tabela 22 - Cálculo da energia gasta pelos trabalhadores após o SMED.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de empresas por área de negócio em Portugal.....	21
Gráfico 2 - Esquematização do SMED.....	23
Gráfico 3 - Percentagem de tempo de setup vs tempo fora setup antes a aplicação do SMED	52
Gráfico 4 - Percentagem de tempo de setup vs tempo fora do setup após a aplicação do SMED.....	52
Gráfico 5 - Percentagem de tempo de setup interno vs setup externo antes do SMED.....	53
Gráfico 6 - Percentagem de tempo de setup interno vs setup externo após o SMED	53
Gráfico 7 - Comparação do lucro anual na taxa horária do operador, pré e pós SMED.....	57
Gráfico 8 - Esquema do layout do armazém	63
Gráfico 9 - Comparação entre os resultados obtidos.....	65

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
1.5	Local/Empresa de acolhimento.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Lean Manufacturing	9
2.1.1	Origem.....	9
2.1.2	Os princípios.....	10
2.1.3	Os 8 desperdícios	10
2.1.4	Ferramentas Lean.....	13
2.2	Sustentabilidade.....	14
2.2.1	Sustentabilidade ambiental	16
2.2.2	Sustentabilidade económica	16
2.2.3	Sustentabilidade social.....	17
2.2.4	Contribuição do Lean para a sustentabilidade.....	20
2.3	Elaboração do SMED	22
2.3.1	Benefícios da Metodologia	23
2.3.2	Exemplos de aplicação	24
3	DESENVOLVIMENTO	27

3.1	Apresentação do posto de trabalho	27
3.1.1	Descrição do processo produtivo.....	30
3.2	Aplicação da metodologia SMED	33
3.2.1	1º Estágio	33
3.2.1.1	Separação do setup em setup interno e setup externo	33
3.2.1.2	Verificação das condições de funcionamento	36
3.2.2	2º Estágio (Transformação de stock interno em externo)	36
3.2.2.1	Externalização das tarefas	39
3.2.2.1.1	Preparação da máquina	39
3.2.2.1.2	Normalização dos processos.....	41
3.2.2.1.3	Otimização do processo de transporte de matérias-primas.....	44
3.2.3	3º Estágio	44
3.2.3.1	Mudança no processo de stock de matérias-primas	45
3.2.3.2	Mudança no processo de stock de normalizados	45
3.2.3.3	Implementações futuras	47
3.3	Resultados	50
3.3.1	Resultados da aplicação do SMED nos tempos de setup.....	50
3.3.2	Análise dos 3 critérios de sustentabilidade.....	53
3.3.2.1	Aumento da capacidade produtiva da máquina	54
3.3.2.2	Consumo energético	57
3.3.2.3	Consumo de óleo	60
3.3.2.4	Custos anuais do posto de trabalho.....	61
3.3.2.5	Trabalho associado ao transporte de cargas	62
4	CONCLUSÕES	69
4.1	Conclusões	69
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	73
6	ANEXOS	81

6.1	Anexo 1 – Preço do kWh dos maiores fornecedores de energia nacionais.....	81
6.2	Anexo 2 – Ficha técnica da máquina de corte.....	82

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização**
- 1.2 Objetivos**
- 1.3 Metodologia**
- 1.4 Estrutura da dissertação**
- 1.5 Local/Empresa de acolhimento**

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo inicia com a contextualização bem como a definição dos objetivos da presente dissertação de mestrado. De seguida, são descritas as opções de metodologias, é apresentada uma descrição da estrutura do relatório e por fim, é realizada uma breve apresentação da empresa.

1.1 Contextualização

Com a crescente necessidade de garantir que as gerações futuras tenham acesso aos bens e recursos que a geração atual tem, tais como fontes energéticas, o tema da sustentabilidade é cada vez mais pertinente. Como tal, é mandatário desenvolver esforços no sentido de criar metodologias e testar soluções que possam ser úteis como base para a melhor contextualização do tema.

Nesta dissertação irá ser feito um estudo aplicado a uma empresa de fabricação de moldes e ferramentas, tanto em aço, alumínio e, mais recentemente, plástico, onde irá ser implementada a metodologia Single Minute Exchange of Dies (SMED), estudando assim os seus impactos na sustentabilidade da empresa.

1.2 Objetivos

A cada dia que passa, a palavra sustentabilidade ganha mais peso, pois a sociedade caminha para um grande objetivo que é o consumo sustentável. Posto isto, os grandes objetivos desta tese, são:

- Aumentar a sustentabilidade
- Diminuir desperdícios
- Diminuir o tempo de produção
- Diminuir o tempo de setup

Ao conseguir atingir estes objetivos, a empresa não estará só a caminhar cada vez para um caminho mais sustentável, mas também irá estar a aumentar os seu lucros anuais, consequência direta do aumento da produção.

1.3 Metodologia

No âmbito deste relatório, a metodologia que foi aplicada foi o SMED, que consiste num método de análise e melhoramento do tempo perdido nas preparações necessárias para arrancar com uma máquina (Pinto et al., 2019). No seu contexto original, a metodologia defende que qualquer mudança de ferramenta de qualquer máquina deverá ser sempre completa em menos de 10 minutos. É focado na análise, sistematização e normalização das tarefas necessárias pelo operador da máquina. Uma implementação correta do SMED irá garantir uma melhor flexibilidade e manuseamento dos produtos na zona de produção (A. Silva et al., 2021). Já a metodologia aplicada à revisão bibliográfica foi a metodologia investigação-ação, que se resume na construção de teorias de investigação que podem ser aplicadas a situações reais, respondendo assim às necessidades de uma empresa. Estas ações são então implementadas e os resultados avaliados (Eden & Ackermann, 2018)

Esta metodologia incluiu as seguintes fases, todas representadas nos três estágios do SMED:

- Identificação dos problemas, fazendo uma gravação vídeo onde se irá verificar quais as ações que causam o aumento do tempo de setup;
- Planeamento de melhorias, onde se irá elaborar o plano de ação baseado nos resíduos e oportunidades de melhoria identificadas no vídeo;
- Plano de ação, onde se irão desenvolver os trabalhos necessários para melhorar o tempo de setup;
- Monitorização, onde se irá ser necessário questionar os trabalhadores, no final da aplicação da metodologia, se concordam com a aplicação da mesma, e se, de facto, conseguiu melhorar as condições do seu trabalho;
- Avaliação dos resultados, onde se irá comentar os resultados obtidos e também planear as ações a serem realizadas futuramente.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação estará dividida em quatro grandes grupos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Desenvolvimento e Conclusão.

- **Introdução**
Na introdução é feita a contextualização do tema, bem como a definição de objetivos para a dissertação;
- **Revisão bibliográfica**
Este capítulo é dedicado à definição do Lean Manufacturing no seu todo, bem como a definição de sustentabilidade e finalmente um subcapítulo dedicado à fundação da metodologia SMED.

- **Desenvolvimento**

Neste capítulo irá aplicar-se os conhecimentos adquiridos no capítulo anterior diretamente num posto de trabalho de uma empresa. Começou-se por contextualizar o posto de trabalho em questão, descrevendo os seus componentes e a organização do mesmo, bem como o seu modo operatório. De seguida iniciou-se o processo de aplicação da metodologia SMED no posto de trabalho, realizando assim os 3 estágios definidos. Por fim apresenta-se os resultados obtidos, bem como a sua relação com a sustentabilidade.

- **Conclusão**

Por fim, no último capítulo desta dissertação, foram tiradas as conclusões baseadas, tanto na revisão bibliográfica, como nos resultados obtidos após a implementação da metodologia SMED.

1.5 Local/Empresa de acolhimento

Este trabalho irá ser realizado na empresa Ricardo & Barbosa LDA., localizada em São Pedro da Cova, distrito do Porto. Fundada em 1978, Ricardo & Barbosa é uma das maiores referências portuguesas na fabricação de ferramentas de alta precisão para indústrias automóvel, eletrónica, energéticas, petrolíferas e de gás e aeronáutica. Com duas instalações de produção (Portugal e México), e distribuição permanente em sete países em três continentes, estamos atualmente presentes em mais de vinte seis países ao redor do mundo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Lean Manufacturing
- 2.2 Sustentabilidade
- 2.3 Elaboração do SMED

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lean Manufacturing

O Lean é um tipo de gestão focada na eliminação do desperdício, sendo este classificado em 7 tipos: espera, transporte, excesso de processamento, superprodução, defeitos, inventário e movimento (Womack et al., 1990). Segundo Tachii Ohno os desperdícios que existem ao longo do fluxo de produção são criadores de perdas e, como tal, devem ser removidos (Ohno, 1978). O reconhecimento da sua localização é crucial para a sua identificação, e tal deve ser feito no chão da fábrica, pois é aí que eles ocorrem (Imai, 1997).

2.1.1 Origem

O sistema Toyota de produção (Toyota Production System) que tem sido, mais recentemente, referenciado como “sistema de produção lean” (Ghinato, 1995), surge no Japão, nos anos a seguir à segunda guerra mundial.

Eiji Toyoda saiu em busca de conhecer as fábricas da Ford, pois sua produção era quase o dobro da produção da Toyota naquela época (Womack et al., 1990), porém após ter investido quase toda a sua riqueza na guerra, de modo a ajudar os alemães a vencê-la, o Japão não tinha os recursos para realizar os investimentos necessários de modo a implementar a produção em massa, específica para o sistema criado pelo Henry Ford e General Motors. Além disso, existiam outros problemas no país e outros desafios a serem superados, tais como: mercado interno limitado e exigências de diversidade de produtos; a existência de diferentes fabricantes de automóveis em todo o mundo interessados em entrar no Japão, entre outras (Corrêa & Corrêa, 2012).

Posto isto, foi necessário criar um novo modelo de gestão das empresas, nascendo assim o sistema de produção lean (Lean Manufacturing), criado pelo vice-presidente da Toyota, Taiichi Ohno. Mais tarde, através de um estudo sobre a indústria automóvel mundial realizado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology, EUA) evidenciou-se que o Lean Manufacturing proporcionava expressivas diferenças em relação à produtividade, qualidade, desenvolvimento de produtos, e explicava o sucesso da indústria japonesa na época (Pacheco, 2014). Os princípios Lean são, já há muito

tempo, reconhecidos como uma grande vantagem competitiva (Pakdil & Leonard, 2017).

2.1.2 Os princípios

Para eliminar atividades que não acrescentam valor ao produto é necessário ter em atenção cinco princípios básicos, sendo estes: criação de valor; identificação da cadeia de valor; otimizar o fluxo de produção (fluxo contínuo); implementar um sistema Pull e a procura da perfeição (melhoria contínua) (Womack et al., 1990).

- Valor: o primeiro passo para ir de encontro à filosofia Lean é a criação de valor. Nesta fase são definidas as necessidades do cliente, e tudo o que não corresponda a essas necessidades (desperdícios) deve ser eliminado;

- Cadeia de valor: analisar todas as atividades da cadeia de valor (do fornecedor até ao cliente final) e identificar quais dessas atividades são necessárias para responder às necessidades do cliente, de forma a eliminar atividades que não acrescentam valor e que não são necessárias;

- Otimizar o fluxo: depois de definido o valor, identificada a cadeia de valor e eliminar todas as atividades que representam desperdícios é preciso criar condições para que o produto ou serviço percorra toda a cadeia até ao cliente final sem interrupções;

- Sistema Pull: o processo produtivo só é iniciado quando chega uma encomenda de um cliente, esta produção pull permite produzir apenas o que é necessário eliminando assim a produção em excesso e a acumulação de stock;
- Perfeição:

- Perfeição: procura constante da melhoria contínua de forma que o valor seja criado sem qualquer desperdício.

2.1.3 Os 8 desperdícios

O desperdício é definido por (Womack et al., 1990) como “qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor”.

Segundo a filosofia Lean, existem 8 tipos de desperdícios: transportes desnecessários, excesso de inventário, movimentos desnecessários, tempos de espera, excesso de produção, sobre processamento, defeitos de fabrico e talento e conhecimento (Lander & Liker, 2007).

Depois dos desperdícios estarem identificados, deve-se estabelecer estratégias que permitam eliminá-los, otimizando assim a produção (Barbosa et al., 2017). Na Tabela 1. irão estar os oito tipos de desperdícios, tais como as suas causas e as soluções a serem implementadas para os eliminar.

Tabela 1 - Os 8 tipos de desperdício, causas e soluções (Melton, 2005)

Desperdício	Descrição	Causas	Soluções
Tempos de espera	Tempo durante o qual as pessoas, equipamentos, produtos ou informações se encontram à espera, sem a realização de outras atividades	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de material; - Pouca autonomia; - Atrasos de produção; - Flexibilidade limitada por parte dos operadores 	<ul style="list-style-type: none"> - SMED - Caixa <i>Heijunka</i> - Sistema de produção "pull"
Transportes desnecessários	O transporte desnecessário de matérias-primas, materiais inacabados e produtos finais entre operações	<ul style="list-style-type: none"> - Layout inadequado para a produção requerida; - Uso de zonas de armazenamento intermédias 	Uso de células " <i>kanban</i> "
Excesso de produção	Existência de operações desnecessárias ou com relação incorreta com o design do produto	<ul style="list-style-type: none"> - Má definição do método de produção; - Máquinas inadequadas; - Pouca formação do Staff 	<ul style="list-style-type: none"> - Formação dos operadores; - Simplificação das operações;

Sobreprocessamento	Quando a quantidade produzida excede a quantidade requerida	<ul style="list-style-type: none"> - Erros na previsão da procura; - Mau planeamento de produção; - Instabilidade do mercado - Produção de grandes lotes 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de produção "pull" - Caixa <i>Heijunka</i> - Fluxo de uma parte
Defeitos de fabrico	Produtos que não preenchem as especificações do cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Erros humanos; - Sem uniformização na inspeção - Sem poka-yoke 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de metodologias de resolução de problemas; - Uniformização das operações - TPM - Automação - Poka-Yoke
Excesso de inventário	A existência de matérias-primas excedentes, tal como produtos finais	<ul style="list-style-type: none"> - Mau planeamento de produção; - Fraco balanceamento dos processos de produção; - Mercado instável 	<ul style="list-style-type: none"> - Caixa <i>Heijunka</i>; - Produção de lotes mais pequenos; - SMED; - Sistema de produção "pull"; - Técnicas de gestão visuais;

Movimentos desnecessários	Movimentos desnecessários para a execução das operações	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado instável; - Métodos de trabalho mal definidos; - Falta de formação 	<ul style="list-style-type: none"> - 5S; - Formação dos operários; - Uniformização das operações
Talento e conhecimentos	Potencial humano não reconhecido	<ul style="list-style-type: none"> - Não haver um envolvimento e reconhecimento das capacidades dos colaboradores 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorar a secção de recursos humanos da empresa

2.1.4 Ferramentas Lean

Vários autores, tais como James-Moore & Gibbons, (1997) e McDonald et al., (2002) definem as áreas mais importantes do Lean sendo: flexibilidade; eliminação de desperdício; otimização; envolvimento com as pessoas e controlo do processo. Além disso também houve vários autores a criar ferramentas/técnicas que permitiam ajudar as empresas a implementar a metodologia Lean, sendo o principal o criador do Value Stream Mapping (VSM), que tem como foco detetar o desperdício formado ao longo da linha de produção (Rother & Shook, 2003). Outras ferramentas de apoio ao lean são: Kaizen, Visual Management, Just In Time (JIT), 5S, Standard Work, ciclo PDCA (Suresh Kumar & Syath Abuthakeer, 2012) e, por fim, o SMED, abordado no subcapítulo 2.3 da presente dissertação.

A ferramenta Kaizen, por exemplo, tem como objetivo a eliminação, de uma forma sustentável, de todo o tipo de desperdício identificado no processo produtivo de uma fábrica (Kumar et al., 2018). Os resultados obtidos com a implementação desta metodologia são maioritariamente semelhantes a empresas que já têm implementados, não só programas de cuidado ambiental, ISO 14001, mas também programas de

redução da poluição (Gomes da Silva & Gouveia, 2020). Além disso, é também muitas vezes observado o envolvimento de trabalhadores de todas as secções da empresa a descobrirem as suas tarefas que causam mais desperdício (S. Silva et al., 2020), sendo isto importante, pois estes trabalhadores poderão desenvolver soluções para diminuir o desperdício. Já o Just in Time, suportado pelo Kanban, permite, não só a redução dos níveis de stock, mas também a redução do espaço necessário para a produção, fazendo uma otimização do layout, tudo isto conseguindo manter, ou até em alguns casos aumentar, o número de peças produzidas, reduzindo ainda no fim o custo e tempo de transporte (Ranganathan & Premkumar, 2012).

No entanto, uma empresa que comece a aplicar a filosofia Lean não deve depender somente das ferramentas a ela associadas, deve também promover os seus próprios princípios. A filosofia Lean implica a alteração do mind-set de todos os funcionários da empresa, começando pelo topo da hierarquia da empresa, pois a partir daí irá alastrar-se para todos os setores da mesma (Rosa et al., 2017).

2.2 Sustentabilidade

O século XX, no geral, testemunhou transformações significativas em todos os setores da existência do ser humano (Hobsbawm, 1999). Viu-se um aumento da esperança média de vida dos seres humanos, dado aos avanços tecnológicos desse século, e um elevado crescimento da utilização de matéria e energia. Estes fatores indicavam o início da autodestruição por parte do homem.

A reflexão sobre o tema levou ao crescimento da consciência sobre os problemas ambientais gerados por padrões de vida incompatíveis com o processo de regeneração do meio ambiente. Essa reflexão, que surge na década de 70 do século XX, levou ao aparecimento do conceito “desenvolvimento sustentável” (van Bellen, 2004), conceito este que surge para enfrentar a crise ecológica que se estava a viver nesse tempo.

Os princípios básicos do desenvolvimento sustentável foram formulados pelo autor (Sachs, 1997), tendo como pressuposto a existência de três dimensões do ecodesenvolvimento a saber:

- Sustentabilidade ambiental;
- Sustentabilidade económica;
- Sustentabilidade social;

A união destas três dimensões irá permitir o desenvolvimento sustentável, como é ilustrado na Figura 1.

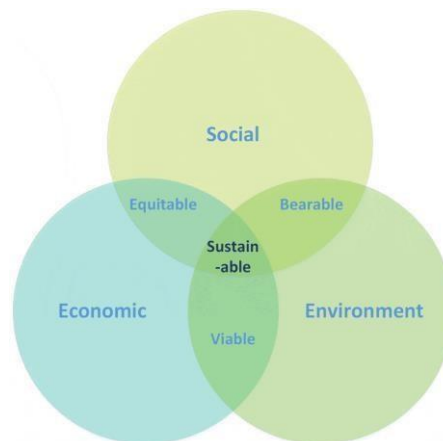


Figura 1 - Indicadores da sustentabilidade
(Circular Ecology, 2021)

Como já referido anteriormente, a filosofia Lean leva a um decréscimo do desperdício causado pelas empresas nos diversos postos de trabalho que nela existem (Barbosa et al., 2017) devido a essa redução, as empresas que optaram por se guiar por essa filosofia, ganharam vantagem sobre as que não se guiaram por ela (Agyabeng-Mensah et al., 2020).

É preciso ter em conta que a sustentabilidade não se baseia apenas na preservação dos recursos naturais, baseia-se também no desenvolvimento económico e igualdade social (Ostrom, 2009). Só se consegue atingir a verdadeira sustentabilidade quando os três pilares da mesma são combinados de forma a não se prejudicar mutuamente (Ranjbari et al., 2021). O pilar económico da sustentabilidade é mais ligado à produção em si nas empresas, bem como distribuição e prestação de serviços. Resumidamente, é uma reflexão do lucro apresentado pela empresa, ou seja, quanto maior for a taxa de lucro anual de uma empresa, mais ela será economicamente sustentável (F. J. G. Silva et al., 2012). Já o pilar social da sustentabilidade pretende o melhoramento nos processos de produção, bem como na atribuição de formações aos operários de modo a educá-los sobre algum trabalho específico que terão de realizar. É extremamente importante criar um ambiente que permita a criação de relações saudáveis entre todos os trabalhadores da empresa (Morgado et al., 2019).

Porém, apesar disso, as empresas continuam com algumas dificuldades em

manter-se ambientalmente sustentáveis, sem ter de alterar o seu processo de produção (Gomes da Silva & Gouveia, 2020).

2.2.1 Sustentabilidade ambiental

A sustentabilidade ambiental é um tópico importantíssimo no que toca a todos os setores da indústria. Apesar de todos os avanços já feitos em consideração a este tópico, ainda estamos a uma distância gigante de obter um consumo sustentável, pois a demanda de bens e produtos é muito maior do que o necessário, ou seja, ainda existe uma grande diferença entre o consumo sustentável e o comportamento atual (Terlau & Hirsch, 2015). Considerando a situação atual, o setor encoraja a produção e o lucro, ignorando os outros fatores que irão levar à diminuição dos recursos limitados e ilimitados, causando sérios impactos no ambiente e perda de biodiversidade (Seddon et al., 2016).

A aplicação da metodologia lean ajuda a reduzir os desperdícios e os impactos ambientais resultantes da produção (Gomes da Silva & Gouveia, 2020). Por exemplo, segundo o estudo desenvolvido por Pampanelli et al., 2014, a implementação desta metodologia permitiu, não só a redução do uso de recursos em 30 a 40%, mas também a redução do custo total de energia em 5 a 10%. A redução do desperdício ao se usar a metodologia Lean e as técnicas de sustentabilidade ambiental é idêntica, porém quando combinadas podem trazer diversas vantagens para as empresas, tais como: redução de custos e melhor desempenho ambiental.

A ferramenta kaizen, por exemplo, representa a melhora contínua do processo que cria um foco sustentável na eliminação de qualquer tipo de desperdício identificado no processo de produção (Kumar et al., 2018). A melhoria contínua resultante da ferramenta kaizen é tipicamente muito semelhante às normas ambientais ISO 14001 e aos programas de redução da poluição (Gomes da Silva & Gouveia, 2020).

2.2.2 Sustentabilidade económica

A sustentabilidade económica é, sem sombra de dúvidas, a dimensão da sustentabilidade mais desvalorizada. Quando mencionada em estudos, na maior parte dos casos, o maior foco é sempre nas redes de fornecimento (Alexander et al., 2014), sendo o resto ignorado, mesmo em estudos focados em negócios (Winter & Knemeyer, 2013). Até mesmo os estudos focados na integração da sustentabilidade no mundo em geral, não dão importância quase nenhuma a esta dimensão da mesma.

Mas afinal, o que é a sustentabilidade económica?

Esta dimensão da sustentabilidade dá-se de forma a garantir que o crescimento económico aconteça de uma forma ética e justa, não afetando as outras dimensões da sustentabilidade. Ou seja, garantir a satisfação das necessidades do homem, as boas condições sociais dos agrupamentos de pessoas e a resiliência dos recursos naturais (Melo et al., 2021).

Segundo o estudo realizado por (Gomes Silva et al., 2022) a sustentabilidade económica tem como principais objetivos: Garantir o apreçamento dos investidores, em que se pretende um relatório de resultados do seu investimento, pelo menos, uma vez por trimestre, sendo estes resultados idealmente positivos, pois só assim se irá transmitir confiança aos investidores em relação ao seu investimento; Gestão dos aspetos públicos e políticos da empresa, sendo este objetivo principalmente associado à legislação da comercialização dos produtos produzidos na empresa; Gestão da comunicação empresa-cliente, sendo este um dos objetivos chaves para se conseguir a sustentabilidade económica, pois é o objetivo que garante um desenvolvimento exponencial do lucro; Produtividade, pois quando uma empresa entra por um caminho mais economicamente sustentável, irá ter necessidade de produzir mais, pois as encomendas irão aumentar e por fim Gestão da qualidade, sendo este objetivo também imensamente importante para um caminho sustentável, sendo necessário estabelecer uma boa equipa que lidere este departamento, pois só garantindo a qualidade de todas as encomendas despachadas, o cliente se irá manter a encomendar.

Apesar de ser a dimensão menos falada da sustentabilidade, é esta que mais interfere nas outras duas. Em relação com a dimensão ambiental, por exemplo: A escolha de um material por este ser mais barato que outro pode estar a afetar o ambiente, pois esse material mais barato pode ser mais prejudicial ao mesmo.

2.2.3 Sustentabilidade social

Vallance et al., 2011 dizem que a sustentabilidade social tende a ser sustentada no relatório de Brundtland de 1987, “Our Common Future”. Este relatório define o desenvolvimento sustentável enfatizando os meios de subsistência humanos como parte integrante da realização de objetivos ecológicos através do desenvolvimento económico, conseguindo assim “satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras conseguirem satisfazer as suas”.

Alguns exemplos de ações que aplicam a sustentabilidade social são:

- Investimentos em educação pública, visando à qualidade do ensino;
- Ampliação do acesso à Internet para pessoas de baixa renda;
- Implantação de programas geradores de renda para pessoas carentes;

De forma a avaliar a sustentabilidade social de uma corporação, foram analisados dois métodos destinados a esse efeito. O primeiro método é o método adotado pela UNDSO (United Nations, 2007) – United Nations Division for Sustainable Development – no qual as ações a tomar são classificadas, primeiro pelos pilares da sustentabilidade (económico, ambiental e social), de seguida por tema (educação, saúde, igualdade...) e, por fim, por subtema (Pobreza, igualdade de género, nível de educação...). Estes subtemas têm todos um ou mais indicadores de sustentabilidade associados, sendo estes usados para classificar a sustentabilidade social de uma comunidade. Na tabela 1 encontra-se representada a análise do pilar social pela United Nations, 2007.

Tabela 2 - Análise dos temas e subtemas que classificam a sustentabilidade social, adaptado de United Nations, 2007

Tema	Subtema	Indicadores
Igualdade	Pobreza	% de trabalhadores a viver abaixo da linha de pobreza
		Taxa de desemprego familiar
	Igualdade de género	Diferença entre salários das mulheres e dos homens
Saúde	Mortalidade	Nível de esperança média de vida
		Taxa de mortalidade em idades baixas
	Estado nutricional	Estado nutricional dos trabalhadores e sua família

	Saneamento	% dos trabalhadores com acesso a saneamento em casa
	Água potável	% dos trabalhadores com acesso a água potável
	Assistência médica	Vacinas obrigatórias em dia
		% dos trabalhadores com acesso a cuidados médicos
Educação	Nível de educação	Filhos dos trabalhadores a cumprir o nível de ensino obrigatório
		Grau académico dos trabalhadores
	Analfabetismo	Taxa de analfabetismo interna
Habitação	Condições de vida	Atribuição de um quarto por pessoa
Segurança	Crimes	Análise do registo criminal

A seguinte estrutura a analisar foi a desenvolvida pela UNEP – United Nations Environment Programme – e a CERES – Coalition for Environmentally Responsible Economics – sendo esta última uma organização privada dos Estados Unidos (Withers & Demediuk, 2014). Esta estrutura, tal como a UNDSO, organiza os indicadores em quatro níveis de hierarquia, começando, também, pelos três pilares de sustentabilidade, de seguida as categorias, seguindo-se dos aspetos e por fim dos indicadores. A grande

diferença é no facto de separar os indicadores em dois diferentes grupos: os prioritários e os adicionais. Por exemplo, o aspeto da segurança e saúde tem como indicadores prioritários os seguintes:

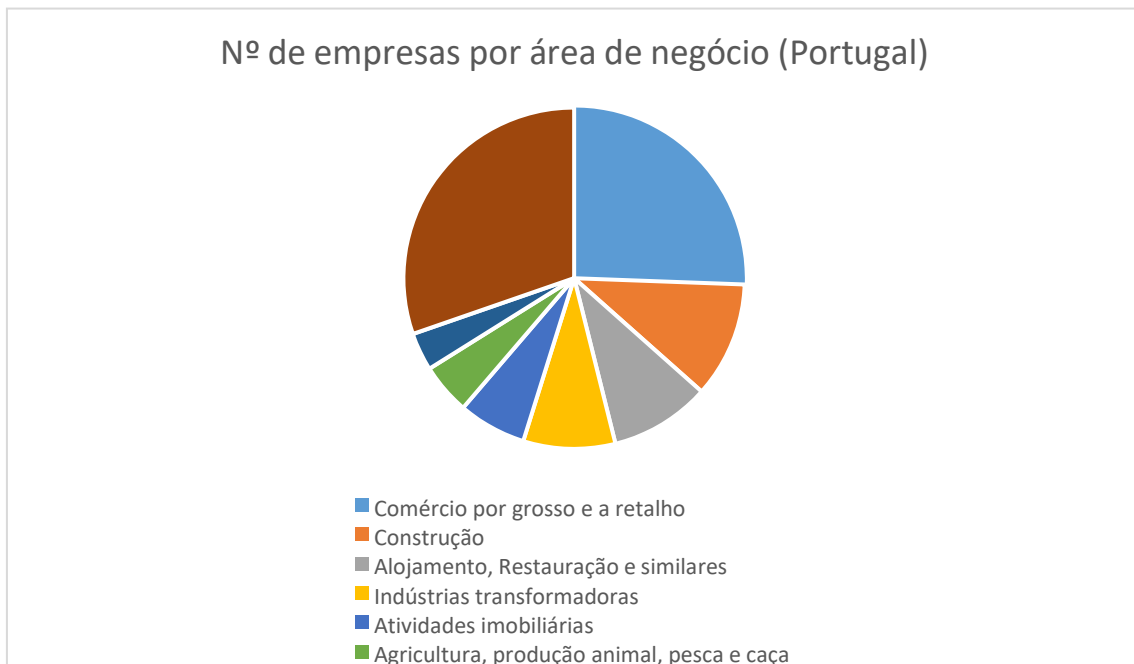
- Identificar e notificar os acidentes ocupacionais e qualquer tipo de doença, conduzindo os trabalhadores aos cuidados necessários;
- Subcontratação de uma empresa de auditoria com base em análise social de uma empresa, fazendo assim uma auditoria interna, de modo a saber o que melhorar;
- Atribuição de remunerações aos funcionários no caso de ocorrer algum acidente, bem como dar o dia quando algum funcionário tiver uma consulta médica e
- Descrição de políticas e programas contra o HIV (SIDA (Withers & Demediuk, 2014)).

das descrições das estruturas anteriores, tal como muitos dos indicadores de sustentabilidade, são informativas. Infelizmente há problemas frequentes em implementar todo o processo descrito em uma empresa, pois muitas das vezes não há as ferramentas necessárias para o mesmo (Hutchins & Sutherland, 2008).

2.2.4 Contribuição do Lean para a sustentabilidade

No decorrer desta dissertação iremos explorar a aplicação de uma metodologia da filosofia Lean numa empresa de sura área de negócio a indústria transformadora. Segundo uma publicação deste presente ano (2022) realizada pelo Jornal de Notícias (J. Notícias, 2022), em que foi resumida a publicação da einforma, uma marca licenciada pela INFORMA D&B, líder no mercado de informação para negócios há mais de 100 anos, onde é possível contabilizar o número de empresas portuguesas por área de negócio. Com os dados obtidos, será possível de verificar que a indústria transformadora representa 8,7% do volume de negócio total em Portugal, existindo assim mais de 54.700 empresas desta área de negócio no nosso país, conforme representado no Gráfico 1 - Número de empresas por área de negócio em Portugal. Assim, este estudo irá refletir também as consequências da aplicação da filosofia Lean numa empresa desta área.

Gráfico 1 - Número de empresas por área de negócio em Portugal



As técnicas aplicadas no Toyota Production System (TPS) ou Lean Manufacturing foram todas desenvolvidas dentro da empresa, com exceção do SMED, sistema que permite a diminuição do tempo de *setup* de máquinas, idealizado em colaboração com o consultor Shigeo Shingo (Womack et al., 1990). O sistema criado por Shingo, além de ser um conceito inovador e nacionalista japonês, seria também uma teoria muito comum cuja prática seria difundida na engenharia industrial em todo o mundo (Machline, 1984). Tudo começou quando Ohno (um dos fundadores da Toyota) conheceu as prensas de *setup* rápido da Danly Machine em Chicago, na década de 50 do século XX, e descobriu a grande solução que a redução do tempo de *setup* oferecia para a produção em pequenos lotes e redução de stocks, contratando assim Shingo para desenvolver a metodologia na *Toyota*.

Num estudo realizado por S. Silva et al., 2020, é possível observar a diminuição de resíduos em cerca de 400kg/mês, sendo obtido assim uma redução de 66% em relação aos valores obtidos antes da implementação da filosofia Lean, verificando-se assim a tendência para um caminho mais sustentável, tanto ambientalmente, pois a redução dos desperdícios implica, neste caso, uma redução na poluição atmosférica e na poluição dos solos, como socialmente, pois foram garantidas melhores condições de trabalho para todos os funcionários da empresa, e também economicamente, sendo possível verificar um aumento de ganhos em cerca de 1000€ mensais.

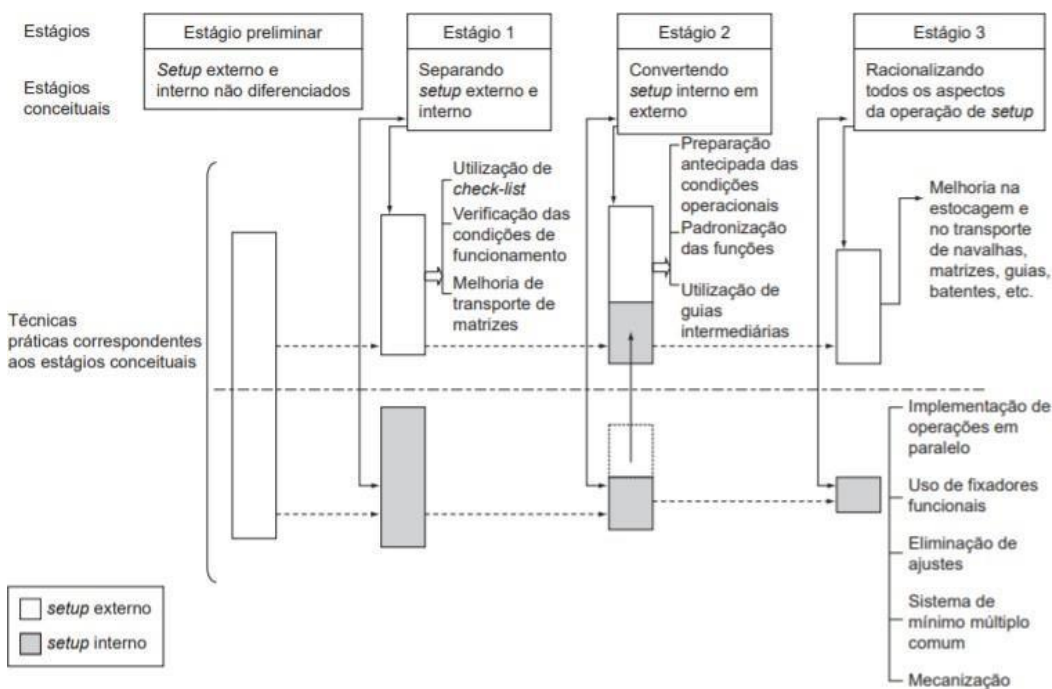
Já no estudo realizado por Sá et al., 2022, onde foi aplicado o cálculo dos benefícios da aplicação do método do seis sigma em algumas empresas portuguesas, foi possível verificar uma redução de desperdícios em cerca de 41,56%, um aumento na comunicação interna entre funcionários de cerca de 40,26%, bem como um aumento de nível de QMS em cerca de 63,64%. Todos estes resultados permitem concluir que ocorreu uma melhoria no aspeto sustentável das empresas, tanto a nível económico, social e ambiental.

2.3 Elaboração do SMED

Shingo foi desenvolvendo o SMED ao longo de 19 anos, passando este por três grandes empresas onde implementou esta ferramenta: A primeira foi na fábrica da Mazda, na cidade de Hiroshima, onde classificou como setup interno as atividades realizadas com a máquina parada e setup externo com ela em funcionamento; A segunda foi na indústria da Mitsubishi, também em Hiroshima, na qual foi realizada a duplicação de ferramentas para que o setup fosse feito separadamente, aumentando assim em 40% a produção; A terceira e última empresa onde implementou e onde aperfeiçoou o SMED foi mesmo na Toyota Motors Company, em que cada operação de setup de uma prensa exigia quatro horas de trabalho, conseguindo Shingo reduzir esse tempo para 90 minutos. Porém para a diretoria da empresa ainda não era suficiente, então aplicou ainda mais esforços na conversão do setup interno em setup externo, ou seja, realizar atividades que antes eram feitas com a máquina parada, quando esta está ativa. Desta forma, Shingo criou a metodologia SMED (Single-Minute Exchange of Die” (Shingo, 1985).

No Gráfico 2 estará a representação gráfica do SMED contendo os três estágios conceituais e as respetivas técnicas.

Gráfico 2 - Esquemática do SMED



2.3.1 Benefícios da Metodologia

A implementação da metodologia SMED pode trazer vários benefícios para uma empresa. Na tabela 2 encontram-se os principais resultados esperados (diretos e indiretos) com a aplicação desta metodologia

Tabela 3 - Resultados esperados do SMED (Shingo, 1985)

Diretos	Indiretos
Redução do tempo de <i>setup</i>	Redução de stocks
Redução ou eliminação de afinações	Aumento da flexibilidade produtiva
Diminuição de erros durante o processo de <i>setup</i>	Racionalização de ferramentas
Aumento da segurança no <i>setup</i>	Melhoria na qualidade do produto

A configuração rápida torna os sistemas de produção flexíveis, reduzindo os prazos de entrega do produto e aumentando a produtividade e o uso de recursos. O método SMED permite também promover a segurança no local de trabalho, simplificando os *setups*, reduzindo os operadores especializados uniformizando e simplificando as atividades (promovendo a flexibilidade do operador, compensando a ausência ou falta de operadores) e promovendo ainda o trabalho em equipe, encontrando soluções para reduzir o esforço de trabalho e reduzir o tempo de inatividade de máquinas (Handfield & Pannesi, 1994).

2.3.2 Exemplos de aplicação

A metodologia SMED foi aplicada por inúmeros profissionais da indústria por todo o mundo. Neste subcapítulo irão ser apresentados cinco exemplos do sucesso da implementação desta metodologia em diferentes indústrias.

Ulutas, 2011 mostra um estudo SMED no setor de produção de embalagens. Este estudo foi feito numa máquina de prensa de injeção, conseguindo-se uma redução do tempo de setup de até 5 a 6 horas para 2 horas e meia. Assim, foi possível aumentar a flexibilidade das linhas e melhorar a qualidade dos setups. Os autores realçam a importância da educação e skills dos operários durante a normalização das atividades

Joshi & Naik, 2012 mostram um estudo em que a metodologia SMED é aplicada a uma prensa mecânica de uma empresa de elevadores. Os resultados obtidos neste estudo foram a redução de entre 53% a 67% em tempos de setup, 45% a 78% em distância percorrida e 50% em termos do WIP, ganhando assim 1628,70€ anuais com a aplicação deste método.

Martins et al., 2018, mostram um estudo da aplicação da metodologia SMED aplicada a uma máquina de feixe de elétrons usada na indústria automobilística, em que, mais uma vez, o tempo de setup foi reduzido consideravelmente, no caso cerca de 50%.

Vieira et al., 2019, demonstram a aplicação do SMED numa empresa de produção a frio de perfis técnicos usados na construção civil. Esta metodologia resultou numa diminuição de cerca de 10,8% do nível do OEE - Overall equipment Effectiveness - sendo este valor a razão entre o desempenho real e o desempenho ideal, um resultado que demonstra os impactos significativos da implementação do SMED numa empresa.

A. Silva et al., 2021, implementaram o SMED na secção de corte e embalagem de uma fábrica de tratamento de cortiça. Com esta aplicação, A. Silva et al., 2021 pretendiam obter uma redução de tempo de setup em cerca de 15%, algo que conseguiram atingir apenas em uma das linhas estudadas, em que nesta foi obtida uma redução de tempo de setup em cerca de 24%, ou seja 9% acima do esperado.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Apresentação do posto de trabalho
- 3.2 Aplicação da metodologia SMED
- 3.3 Resultados
- 3.4 Resultados da aplicação do SMED nos tempos de setup

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação do posto de trabalho

De modo a aplicar todos estes conhecimentos na empresa, decidi focar-me num só posto de trabalho e, se funcionasse, tentar no futuro aplicar o método SMED em todas as outras máquinas.

Começando por explicar o processo produtivo da empresa, o início do fabrico de qualquer peça começa pela orçamentação dada ao cliente, em que os trabalhadores desta secção recebem os desenhos dos clientes e decidem quais as máquinas a utilizar para fabricar a peça orçamentada, definindo a ordem das mesmas e os tempos perdidos em cada uma delas. Têm também de estimar, com base num Excel que calcula o preço médio por Kg, o preço da matéria-prima a ser utilizada para fabricar as peças. De seguida será necessário, por vezes, desenvolver um desenho 2D ou 3D de algumas das peças, pois o cliente pode fornecer o desenho em apenas um desses formatos e, para ser possível fabricar qualquer peça, são necessários os dois formatos do desenho. O formato 3D será encaminhado para os programadores, onde estes irão desenvolver o programa a usar para cada máquina por onde a peça passar. Já o desenho 2D irá seguir para a produção em si, começando pelo armazém (cujo processo será explicado mais à frente) e seguindo o seu roteiro até terminar na embalagem das peças, ficando assim disponíveis para enviar ao cliente e serem faturadas.

Nesta empresa, a grande maioria das peças são produzidas por encomenda e, quase nunca, em série. Isto ocorre devido ao facto de a empresa contar com vários clientes completamente distintos entre si, abrangendo diversas áreas de negócio, tal como aeronáutica, militar, automóvel, energética, entre outras. As peças produzidas em série são, quase na sua totalidade, designadas aos produtos originais da Ricardo & Barbosa, tais como os diversos aplicadores patenteados pela mesma (Figura 2), que têm como finalidade permitir a conexão entre toda a cablagem presente num automóvel e o ventilador, projeto mais recente da empresa, tendo este sido começado a desenvolver com o surgimento do COVID-19 (Figura 3).

Na empresa em que comecei o meu estágio profissional, Ricardo & Barbosa LDA., comecei por pertencer ao departamento de compras da mesma. O sistema adotado pela mesma para esta secção é um sistema em que mantém o armazém conectado com as compras. Assim, somos nós que gerimos o stock de matéria-prima, bem como damos entrada do material comprado e arranjamos bons negócios para a compra, tanto de matérias-primas, ferramentas e de tudo o resto que uma empresa precisa para funcionar.

Posto isto, a máquina que optei por implementar este sistema foi o serrote que está presente no armazém da empresa e que permite cortar toda(s) a(s) matéria-prima(s) na(s) medida(s) necessária(s) para produzirmos a(s) peça(s), pois é a máquina que está diretamente ligada ao meu departamento e onde eu consegui, mais rapidamente, observar a necessidade de redução de tempo de setup (Figura 4)

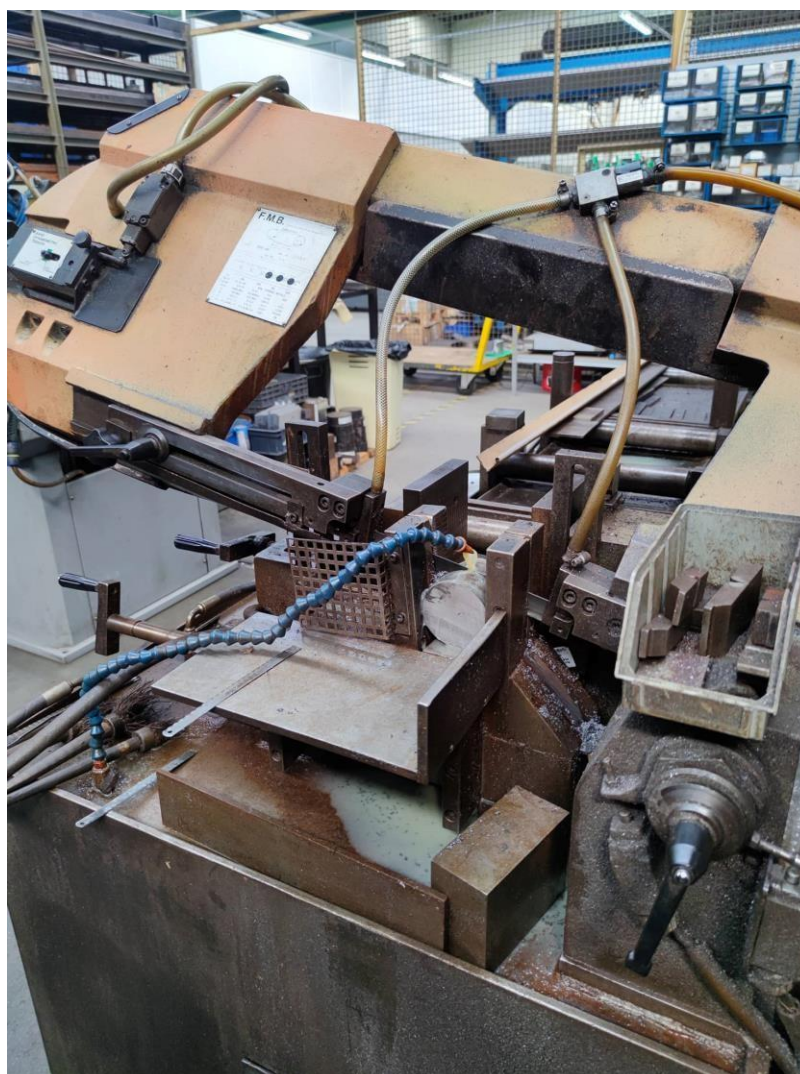


Figura 4 - Serrote de corte de matérias-primas

Nesta secção temos presente um serrote semiautomático da marca FMB, mais concretamente o modelo MAJOR da marca. Este serrote apenas não é totalmente automático, pois necessita do ajuste do operário às condições de corte, tais como: Ajustar a peça automaticamente ao seu comprimento de corte, regular o ângulo de corte e definir a velocidade de corte indicada para aquele material. Porém o ato de corte em si é totalmente automático, sendo apenas necessário clicar no botão iniciar.

Este serrote permite cortar, ao ser usado numa inclinação nula (0°), varões redondos até 260mm de diâmetro e secções retangulares com, no máximo 260mm de espessura e 370mm de largura. Tem ainda uma potência energética total, em funcionamento, de 1.94kW (Anexo 1).

3.1.1 Descrição do processo produtivo

De modo a percebermos o processo produtivo desta secção, foi elaborado um esquema, Figura 5, que transmite informações de forma clara. Posteriormente irão ser descritos os processos nele representados

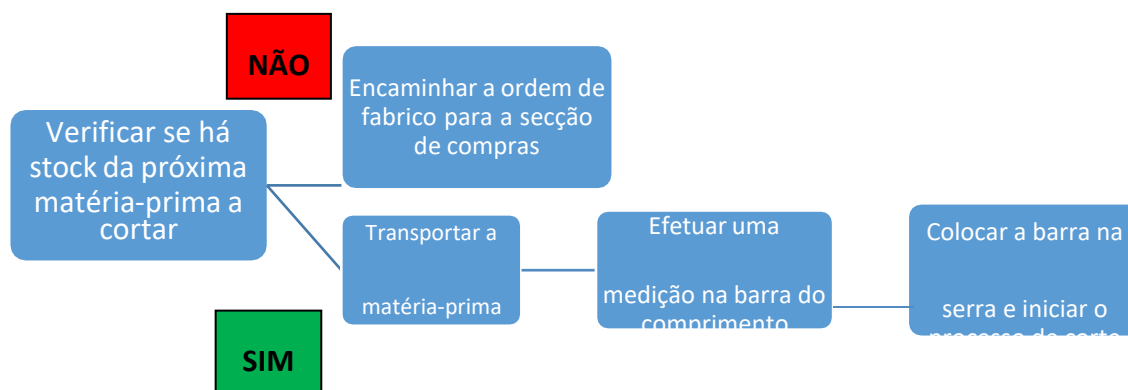


Figura 5 - Iniciação do processo de corte

Segundo este esquema, o operador terá de começar o seu processo de trabalho por verificar o stock da próxima matéria-prima que irá cortar. Para isto ele terá de pegar na próxima ordem de fabrico a utilizar onde estará descrito tudo o que ele precisará saber.

Uma ordem de fabrico é essencialmente uma página onde os operadores de todas as secções por onde a mesma passará, saberão que peça estarão a produzir e tudo

o que irão precisar para a produção da mesma. É possível verificar a data de entrega da peça já embalada, a data de previsão de início que consiste na subtração da data de entrega pelo número de horas definido para a produção total da peça, os tratamentos térmicos ou superficiais a que deve ser levada, a gama operatória entre outros. (Figura 6) Figura 2 - Exemplo de uma ordem de fabrico

Conforme representado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, o operador consegue ainda obter a informação de qual matéria-prima terá de usar e as medidas que o mesmo terá de cortar. Obtendo esta informação, conforme o exemplo, o operador iria ao stock dos aços inoxidáveis e verificar se teria ou não varão maciço de Ø100 na qualidade AISI 304L e, caso não tivesse, ainda deveria verificar as pontas que por vezes sobram.

Após verificar se teria em stock ou não a matéria-prima, primeiramente, caso não tivesse, o operador deveria separar essa ordem de fabrico no sítio designado e quando alguém da secção de compras fosse ao armazém, o próprio levava-as consigo para a sua secção e efetuava a compra das matérias-primas necessárias. Finalmente, caso o operador tivesse essa matéria-prima em stock, o mesmo teria de a transportar para a máquina de corte, medindo logo de seguida o comprimento necessário de corte que permita fabricar a peça em questão, e colocando esse comprimento na serra, podendo assim iniciar o processo de corte.

Porém, após o início do processo de corte, o operador tem ainda outras tarefas, tais como: Encaminhar peças para fornecedores de tratamentos superficiais, tratamentos térmicos, ou ainda para corte a laser de algumas chapas mais finas, tendo este que elaborar uma guia de transporte, onde irá identificar a referência para qual vai ser realizada esta subcontratação, bem como o número da ordem de fabrico e a descrição do processo para o fornecedor; Fornecer normalizados aos restantes operadores da fábrica, bem como separar os normalizados necessários para a fabricação de um peça específica; Rececionar material proveniente de fornecedores e ainda inserir o certificado de conformidades da matéria-prima do material que estão a cortar na base de dados, para assim, sempre que um cliente nosso nos questionar pelo certificado da matéria-prima que foi utilizado na fabricação da sua peça, com uma simples pesquisa pelo número da ordem de fabrico consegue-se ter acesso a ele.

No início deste ano, este centro de trabalho continha alguns problemas de organização, tais como na categorização das matérias-primas e, maioritariamente, na separação dos normalizados (parafusos, porcas, anilhas, etc.), causando assim o crescimento do setup interno, ou seja, aumentando o tempo de trabalho com a máquina parada, provocando um “desperdício” energético e aumentando o tempo de produção total.

Para combater este facto, foi aplicado neste posto de trabalho a metodologia SMED.

3.2 Aplicação da metodologia SMED

Conforme descrito no subcapítulo anterior, este posto de trabalho sofre bastante em ter um elevado tempo de setup, não só por provocar um aumento no tempo de produção das peças, mas também por causar mais despesa à empresa em gastos energéticos que não estão a ser usados produtivamente.

Para tentar combater tal facto, foi aplicado a metodologia SMED, que, conforme descrito no capítulo anterior, consiste em três estágios: O primeiro estágio tendo como objetivo a separação do tempo de setup em dois grupos: setup interno e setup externo, utilizando uma check-list para os identificar, verificar as condições de funcionamento e melhorar o transporte de matérias-primas. No segundo estágio temos o que irá contribuir indiretamente para melhorarmos o tempo de setup desta máquina: a transformação do setup interno em setup externo, tentando assim diminuir, ou se possível, acabar com o tempo de setup enquanto o serrote está parado. Para isso teria, não só, de existir uma preparação antecipada das condições operacionais, mas também a tentativa de padronizar as funções dos operários. Finalmente, no terceiro estágio, não só, iremos tentar reduzir alguns tempos de setup que já se conseguem fazer externamente, de modo a termos uma percentagem de tempo usado em setup mais baixa, mas também sugerir algumas implementações para o futuro que permitam impulsionar ainda mais esta metodologia.

3.2.1 1º Estágio

Começando, então, pelo primeiro estágio, a primeira tarefa a fazer era uma check-list com os tempos de setup da máquina. Tal como (Shingo, 1985) sugere na literatura, para observar e posteriormente analisar o estado inicial do setup, deve ser feita uma gravação em vídeo de um setup. Neste vídeo foi possível observar 2 horas de cada um dos dois turnos dos dois operários que trabalham neste posto de trabalho – 16 horas, ou seja, 8 horas de trabalho por dia por trabalhador – conseguindo assim caracterizar os tempos de setup.

3.2.1.1 Separação do setup em setup interno e setup externo

De modo a conseguirmos combater a criação de setup interno, temos primeiro de identificar todos os tempos de setup presentes no trabalho destes operários.

Para isso, usou-se o vídeo de 2 horas para cada turno, conseguindo assim observar 25% do dia de trabalho de cada operário.

Na Tabela 4, encontramos as check-lists onde estão identificados e classificados os tempos de setup.

Tabela 4 - Tempo de setup do 1º turno antes da aplicação da metodologia

Motivo do setup	Tempo total de setup	Tempo decorrido	Setup interno	Setup externo
Preparação da máquina	00:07:40	00:07:40	00:07:40	00:00:00
Organização das ordens de fabrico por data de início de produção	00:10:40	00:18:20	00:10:40	00:00:00
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	00:01:40	00:20:00	00:01:40	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	00:04:30	00:24:30	00:04:30	00:00:00
Localizar um normalizado específico	00:03:20	00:40:00	00:00:00	00:03:20
Localizar um normalizado específico	00:09:33	00:49:33	00:06:23	00:03:10
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	00:16:15	01:05:48	00:16:15	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	00:04:30	01:10:18	00:04:30	00:00:00
Rececionar material proveniente de um fornecedor	00:06:15	01:20:00	00:00:00	00:06:15
Localizar um normalizado específico	00:03:45	01:28:10	00:02:20	00:01:25
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	00:09:45	01:37:55	00:09:45	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	00:03:45	01:41:40	00:02:20	00:00:00
Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	00:01:00	01:44:20	00:00:00	00:01:00
Lanche do operário	00:10:00	02:00:10	00:02:30	00:07:30
Tempos de setup totais	01:32:38		01:08:33	00:24:05
	Tempo total de setup		Setup interno	Setup externo

Tabela 5 - Tempo de setup do 2º turno antes da aplicação da metodologia

Motivo do setup	Tempo total de setup	Tempo decorrido	Setup interno	Setup externo
Preparação da máquina	00:06:00	00:06:00	00:06:00	00:00:00
Organização das ordens de fabrico por data de início de produção	00:13:10	00:19:10	00:13:10	00:00:00
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	00:02:10	00:21:20	00:02:10	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	00:07:30	00:28:50	00:07:30	00:00:00
Localizar um normalizado específico	00:06:20	00:42:00	00:00:00	00:06:20
Rececionar material proveniente de um fornecedor	00:07:10	00:51:30	00:04:25	00:02:45
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	00:15:00	01:06:30	00:15:00	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	00:08:25	01:14:55	00:08:25	00:00:00
Localizar um normalizado específico	00:10:30	01:29:30	00:00:00	00:10:30
Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	00:04:45	01:35:00	00:01:10	00:03:35
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	00:09:45	01:44:45	00:09:45	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	00:04:25	01:49:10	00:04:25	00:00:00
Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	00:01:00	01:50:10	00:00:00	00:01:00
Lanche do operário	00:10:00	02:00:10	00:02:30	00:07:30
Tempos de setup totais	01:46:10		01:14:30	00:31:40
	Tempo total de setup		Setup interno	Setup externo

3.2.1.2 Verificação das condições de funcionamento

O segundo passo neste estágio será a verificação das condições de funcionamento, ou seja, saber se os operários têm as condições necessárias para exercer o seu trabalho. A verificação foi feita ao longo das 4 horas filmadas e foi comprovado que os operários têm sim tudo o que precisam para realizar a sua função. Têm um computador com acesso à internet que lhes permite trabalhar no sistema interno da empresa, conseguindo assim informar que a sua operação começou, está a decorrer, ou já terminou; têm três tipos de instrumentos de medição disponíveis: A fitamétrica para medir o comprimento dos varões redondos, tubos ou barras retangulares; A régua para medirem o comprimento da matéria prima que irão cortar, marcando assim a posição na serra, e o paquímetro para conseguirem medir a espessura de chapas mais finas ou mesmo para se certificarem de um valor milimétrico em qualquer dimensão do bloco. Têm também boa luminosidade, fator determinante no bem-estar do operário desta secção.

3.2.2 2º Estágio (Transformação de stock interno em externo)

Neste estágio teremos como objetivo a transformação do stock interno em stock externo. Definir se é possível executar uma tarefa com a linha parada é simples. A complexidade associada à transferência de tarefas para o exterior do setup prende-se com a criação e manutenção do hábito de realização das tarefas antes ou depois da linha estar parada. É comum os operadores – devido à azáfama diária, típica de ambiente fabril – esquecerem-se, apenas executando as tarefas externas quando a linha já parou de produzir. Por essa razão, é necessário garantir a normalização dos processos associados à redefinição da cronologia das tarefas do setup e assegurar que os operadores têm meios para os desempenhar.

Para isso a empresa já tinha o instrumento perfeito que permitia avançar com a preparação antecipada das condições operacionais: iCFaR. Sendo crucial a rastreabilidade total do seu produto, outrora com incontáveis dados dispersos por diversas plataformas, integraram em 2019 todos estes dados num único software centralizado, (iCFaR integrado no ERP PRIMAVERA) agilizando o acesso a toda a informação e também auxiliando na toma de decisão estratégicas, táticas e operacionais. Toda a gestão fabril está suportada no PRIMAVERA Manufacturing, auxiliada pelo Business Analytics, num sistema integrado de gestão da produção que agrega informação de chão de fábrica no ERP PRIMAVERA, permitindo um elevado nível de controlo da produção, associado ao rigor da informação financeira. Com esta tecnologia é permitido obter todos os dados referentes às peças que se irão produzir: data de entrega da peça ao cliente; data prevista para o início da fabricação da peça; matéria-prima a ser utilizada e as dimensões desse mesmo material necessárias à produção da peça; gama operatória da fabricação da peça (máquinas por onde a mesma irá passar até estar completa); necessidade de subcontratação e o local da mesma e

ainda os tratamentos superficiais ou tratamentos térmicos a que a peça deverá ser submetida. Já o iCFaR consiste num programa de produção que permite aos operadores obterem todas as informações necessárias para realizar as suas funções nas peças que passam pela sua secção. Este programa obtém, através da conexão com o Primavera, todas as informações presentes na ficha técnica do desenho da peça, bem como exige ao operador o registo do tempo usado na sua operação, permitindo, assim, obter o custo real de produção de qualquer peça produzida internamente.

Porém, primeiro será necessário perceber quais as ações que levam à maior taxa de setup interno em relação ao setup externo e perceber se é possível transformar esse setup interno em setup externo, ou, caso não seja, diminuir substancialmente o tempo de setup associado a essa ação.

Para isso foram calculadas as percentagens de tempo de setup interno e setup externo para cada ação causadora de tempo de setup, segundo a equação 1 e 2 e apresentados os resultados na Tabela 6.

Equação 1 - Cálculo da %setup interno

$$\text{Percentagem de setup interno} = (\text{Tempo de setup interno}) / (\text{Tempo total}) \times 100$$

Equação 2 - Cálculo da %setup externo

$$\text{Percentagem de setup externo} = (\text{Tempo de setup externo}) / (\text{Tempo total}) \times 100$$

Tabela 6 - Percentagem de setup interno e externo relacionado às ações realizadas

Motivo do setup	Percentagem de setup interno	Percentagem de setup externo
Preparação da máquina	100,00%	0,00%
Organização das ordens de fabrico por data de início de produção	100,00%	0,00%
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	100,00%	0,00%
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	100,00%	0,00%
Localizar um normalizado específico	22,06%	77,94%
Rececionar material proveniente de um fornecedor	30,81%	69,19%
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na paleta	100,00%	0,00%

Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	24,56%	75,44%
Lanche do operário	29,17%	70,83%

De seguida, é necessário perceber quais destas tarefas conseguem converter o seu setup interno em setup externo. Para isso, é preciso identificar quais tarefas não conseguem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Tabela 7 - Possibilidade de externalização de setup

Motivo do setup	Possível converter setup?
Preparação da máquina	Não
Organização das ordens de fabrico por data de início de produção	Não
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	Sim
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	Sim
Localizar um normalizado específico	Sim
Rececionar material proveniente de um fornecedor	Sim
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	Sim
Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	Sim
Lanche do operário	Sim

A preparação da máquina tem sempre de ser feita com a máquina parada, pois é necessário trocar a serra, conferir o nível do óleo para lubrificação e também limpar as limalhas acumuladas do turno anterior. Com a máquina ligada é impossível fazer esta tarefa.

Já a organização das ordens de fabrico por data de início de produção, também é uma tarefa que não pode ser feita com as máquinas a funcionar, pois para as colocar a funcionar é necessário primeiro saber qual matéria-prima e em qual medida terão de cortar.

3.2.2.1 Externalização das tarefas

Um dos fatores que (Shingo, 1985) distingue como disruptivos na aplicação de SMED é a transição de tarefas internas ao setup para tarefas externas.

No nosso caso de estudo, as duas tarefas que podem ser realizadas depois do setup são as referidas anteriormente como impossibilitadas de se realizarem com a máquina a funcionar.

3.2.2.1.1 Preparação da máquina

De modo a conseguir que esta tarefa não entre no tempo de setup da máquina, ficou decidido administrar 1:30H de formação às funcionárias de limpeza, formação esta que foi fornecida em contacto constante com a máquina, de modo a dar conhecimento às mesmas do funcionamento desta ação.

Primeiro foi-lhes ensinado como trocar as serras da máquina no final de cada turno. De seguida, foi implementado um novo sistema de reciclagem de limalhas. Previamente a separação das mesmas não existia, eram todas colocadas no mesmo contentor (Figura 7).



Figura 6 - Depósito de limalhas sem separação

Agora existem diferentes contentores para os diferentes tipos de materiais que se usam na empresa e nesta secção em específico (Figura 8)



Figura 7 - Depósito de limalhas separadas por tipo de material

A separação das limalhas permite, não só a empresa ganhar mais dinheiro na venda das limalhas, pois estando categorizadas permite vender a preços diferentes do que se vendia anteriormente, mas também o contributo para um caminho mais sustentável.

Por fim, foi-lhes ensinado o processo da troca do óleo para lubrificação da máquina, permitindo assim, com mais tempo, a melhoria na eficácia desta ação, diminuindo assim o desperdício.

Os turnos dos operadores desta máquina funcionam segundo a Tabela 8, em que A1 e A2 são os dois turnos dos operadores do armazém e EL1 e EL2 os dois turnos das empregadas de limpeza.

Tabela 8 - Horários dos trabalhadores desta secção

Operador			
----------	--	--	--

	Horário de entrada	Horário de saída	Horário de refeição
A1	07:00	16:00	12:00 - 13:00
A2	16:30	00:30	19:30 - 20:30
EL1	06:00	15:00	12:30-13:30
EL2	15:30	23:30	20:00 - 21:00

Posto isto, e sem estar a alterar o horário de trabalho já definido para todos os trabalhadores envolvidos, foi reconfigurado o horário deste posto de trabalho, passando a ser conforme a Tabela 9

Tabela 9 - Distribuição horária do posto de trabalho

Operador	Horário
EL1	06:00 - 06:30
A1	07:00 - 12:00
EL1	12:00 - 12:30
A1	13:00 - 16:00
EL2	16:00 - 16:30
A2	16:30 - 19:30
EL2	19:30 - 20:00
A2	20:30 - 00:30

Com esta distribuição de horários, será possível as empregadas de limpeza permitirem a externalização do processo de preparação e limpeza da máquina.

3.2.2.1.2 Normalização dos processos

No início do projeto, percebeu-se que não havia nenhum método de trabalho pelo qual os operadores se regessem para realizar o setup. Este era apenas executado sem

qualquer método definido, sendo as tarefas posteriores e o seu sequenciamento realizado empiricamente.

De modo a reduzir, ou até anular, o tempo de setup da tarefa “organização das ordens de fabrico por data de início de produção”, foi desenvolvido um ficheiro Excel que extrai a base de dados do iCFaR e nos organiza automaticamente as referências e ordens de fabrico por data prevista de início de produção.

Com este excel, o operário consegue obter a ordem das referências para as quais vai ter de cortar a matéria-prima, conseguindo assim reduzir substancialmente o tempo de setup atribuído a esta tarefa, que, como já referido anteriormente, é impossível de ser realizada com as máquinas a funcionar, reduzindo assim um tempo de setup que não pode ser realizado externamente.

Nesta ferramenta, o operário também terá a possibilidade de utilizar um filtro que lhe demonstre as ordens de fabrico programadas para o seu turno que têm mais tempo de processamento, podendo assim concentrar-se nelas quando souber que irá ter uma tarefa posterior que exija mais tempo. Para estas ordens de fabrico, daqui para a frente, irei usar a sigla OFL (Ordem de Fabrico Longa).

Porém, foi necessário a administração de 30 minutos de formação aos dois operários que operam esta máquina, ensinando-os assim como funcionar com esta ferramenta e como teriam de a usar todos os dias mal chegassem ao seu posto de trabalho.

Nesta formação ficou também decidido o modo operatório da secção, onde os operários conseguiam saber se deveriam de optar por OFL ou OFC (Ordem de Fabrico Curta) e qual o setup mais indicado a fazer depois de cada ação. (Tabela 10 - Modo operatório do operador do armazém)

Tabela 10 - Modo operatório do operador do armazém

Tarefa	Operador	OF
--------	----------	----

	Preparação da máquina	EL1	
	Organização das ordens de fabrico por data de início de produção	A1	
	Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	A1	OFC
	Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	A1	OFC
Hipótese 1.1	Localizar um normalizado específico	A1	OFC
Hipótese 1.2	Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	A1	OFC
	Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	A1	OFC
	Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	A1	OFL
	Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima referência	A1	OFL
Hipótese 2.2	Rececionar material proveniente de um fornecedor	A1	OFL
Hipótese 2.2	Lanche do operário	A1	OFL

Com o modo operatório os operários conseguem perceber se devem optar pelo corte de uma matéria-prima que demore mais tempo – ou porque são muitas peças tiradas de uma só barra/tubo/varão, ou porque são matérias-primas com durezas mais elevadas, o que fazem atrasar consideravelmente o processo de corte – ou uma matéria-prima que demore menos tempo a ser cortada.

Conforme a Tabela 10 - Modo operatório do operador do armazém, é possível verificar que a opção por uma OFL só se deve dar quando for necessário rececionar material proveniente de um fornecedor ou no lanche do operário, pois são as duas ações que contêm maior percentagem de setup interno (30% aproximadamente) das quatro ações intermédias.

3.2.2.1.3 Otimização do processo de transporte de matérias-primas

De modo a converter o setup de transporte das matérias-primas para a máquina, era necessário dar ao operador melhores condições para o mesmo. Assim, foi proposto o investimento em paletes maiores, nas quais conseguem colocar as peças que irão precisar para as OFs posteriores (tal pode ser agora feito com a máquina a funcionar), e ainda o investimento em duas pegas conforme a Figura 9 que permitem o melhor manuseamento do aço.



Figura 8 - Instrumentos auxiliares para transporte de matérias-primas

Posto isto, a tarefa de localização e transporte de matéria-prima consegue converter parte do seu setup para setup externo, conseguindo ir buscar as matérias-primas enquanto a máquina acaba de cortar a peça anterior, só sendo assim necessário posteriormente colocar a matéria-prima em cima da máquina.

3.2.3 3º Estágio

Finalmente, no último estágio do método SMED aplicar-se-á uma melhoria no stock de matérias-primas e dos normalizados, tentando assim reduzir o tempo de setup associado à procura dos mesmos.

Para finalizar, haverá ainda uma sugestão de medidas a tomar futuramente que permitam ainda mais a redução do tempo de setup geral.

3.2.3.1 Mudança no processo de stock de matérias-primas

De modo a facilitar a localização das matérias-primas, foram destinadas duas prateleiras em que estarão localizadas e identificadas as 4/5 matérias-primas que os operadores irão usar mais neste mês, previsão esta realizada pela equipa de planeamento, pois são os que decidem quando irão entrar as peças em produção.

Posto isto, os operadores foram informados do que teriam de fazer e foi possível implementar esta otimização, conforme demonstrado na figura 10.



Figura 9 - Organização das matérias-primas prioritárias

3.2.3.2 Mudança no processo de stock de normalizados

Já na parte dos normalizados, a organização não era a melhor inicialmente, pois os mesmos encontravam-se maioritariamente nas caixas do fornecedor, fazendo assim perder tempo ao operador para as abrir e retirar de lá o que precisava, conforme demonstrado na Figura 11.



Figura 10 - Stock de normalizados em caixas de fornecedores

Para combater isto, foram compradas prateleiras que permitiam a separação de todos os normalizados, categorizando-os por tipo e medida.

Na figura 12 temos a secção dos parafusos com cabeça cilíndrica sextavado interior DIN 912, onde podemos observar todas as medidas utilizadas na fábrica em parafusos desta norma. Já na figura conseguimos observar a organização das porcas e anilhas, estando elas categorizadas pelo diâmetro externo da rosca onde vão ser usadas.

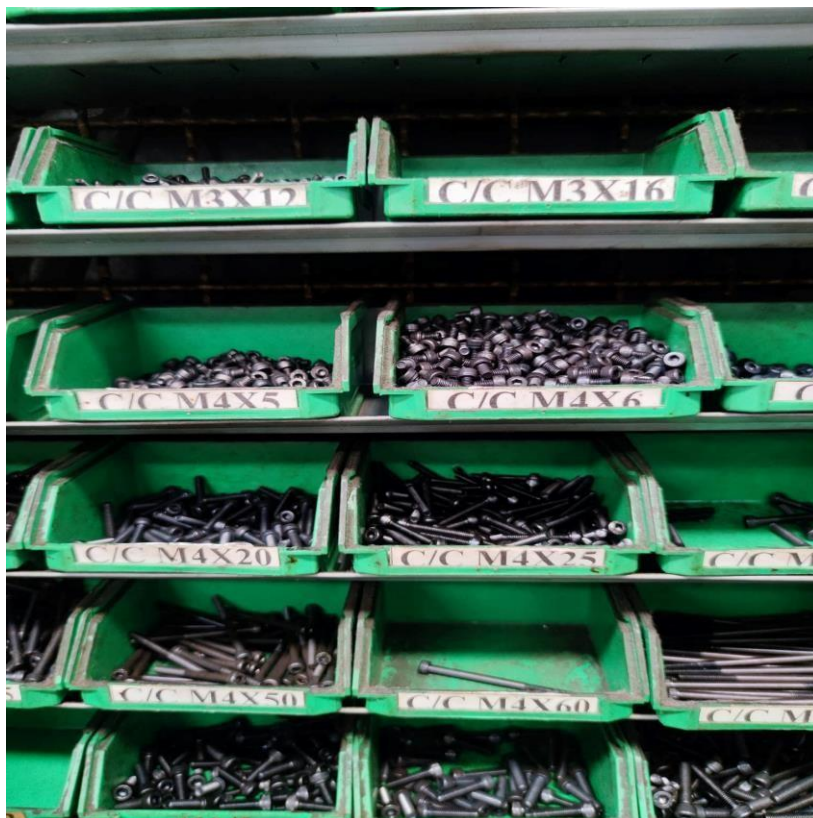


Figura 11 - Stock de parafusos cabeça cilíndrica

Apesar de o uso dos normalizados não influenciar diretamente o serrote, faz parte de uma função do operador, que, ao não ter organização do stock dos mesmos, iria gastar mais tempo a procurá-los, aumentando assim o tempo de setup.

3.2.3.3 Implementações futuras

De forma a otimizar ainda mais os procedimentos implementados, foi feita uma listagem de oportunidades, sendo depois priorizadas e colocadas num plano de ação.

A partir da análise do estado do setup e das suas dificuldades, foram propostas melhorias ao processo. Estas melhorias estavam maioritariamente relacionadas com quatro vertentes:

- Melhoria das ferramentas até agora implementadas (modo operatório, preparação do setup, etc);
- Comunicação entre setores e operadores;
- Investimentos;
- Melhoria no processo de stock

Foi então criada uma matriz de priorização das várias oportunidades, detalhada na Tabela 11.

Tabela 11 - Implementações futuras

	Pouca facilidade de implementação	Muita facilidade de implementação
Elevado Impacto	Alterar as prateleiras existentes por gavetas e escrever as medidas de cada matéria-prima inserida em cada gaveta	Investimento em novas prateleiras para colocar as chapas de aço/alumínio/plástico mais finas
	Alterar as prateleiras existentes por gavetas e escrever as descrições de cada normalizado inserido em cada gaveta	Procura de novos fornecedores para um fornecimento mais eficaz de alguns tipos de normalizados
	Revisão das rotinas e nomes dos programas	Criação de um ficheiro para o registo de erros/avarias no setup
	Investimento numa máquina de corte que avance a barra automaticamente X milímetros	Garantir stock mínimo de todas as serras usadas pela empresa
	Investir numa formação para os operadores do armazém baseada na seleção de materiais, ficando assim eles a saber quando poderiam ou não trocar a matéria-prima em determinadas situações	Garantir stock mínimo das matérias-primas mais usadas Implementar uns alertas no ficheiro Excel da secção, que permitiam ao diretor de produção ou diretor geral alterar prioridades
Pouco Impacto	Automatização do processo de recolha de matéria-prima	Melhorar na comunicação com a equipa de planeamento
	Realizar contratos de compra de matéria-prima a preços fixos durante o ano todo	
	Investimento numa formação para a equipa de planeamento, de modo a ser possível prever perfeitamente quais as matérias-primas necessárias nessa semana	

Pegando em alguns pontos da tabela 11, conseguimos estimar a melhoria direta no tempo de setup necessário para determinadas atividades.

- Alterar as prateleiras existentes por gavetas

Por vezes, após o corte de alguma barra, ficam a sobrar peças pequenas que já não iriam servir para a ordem de fabrico em questão. Estas sobras atualmente são colocadas em contentores, conforme a Figura 13.



Figura 12 - Separação de sobras

A ideia seria separar as sobras de matérias-primas por gavetas e desenvolver um excel onde os operadores inseriam o tipo de material e as medidas destas sobras.

Assim, no caso de aparecer uma ordem de fabrico que necessite de uma matéria-prima em que seja provável existir uma sobra que a satisfaça, os operadores apenas

localizavam no seu Excel e este indicava a gaveta exata onde se encontrava esta sobra, permitindo assim agilizar este processo em cerca de 8 minutos sempre que é necessário

- Formação em estudo dos materiais fornecida aos operadores do Armazém

Muitas vezes é possível alterar a matéria-prima que vem definida na ordem de fabrico, pois existem materiais com algumas características idênticas a outros, que no caso de uma peça específica seja indiferente usar um ou outro.

Para isso é preciso os operadores terem noções de materiais metálicos e materiais não metálicos.

Esta formação, caso algum dia seja administrada aos operadores, iria reduzir o tempo que os operadores, por vezes, perdem ao ir perguntar a alguém se podem ou não mudar a matéria-prima, em cerca de 10 minutos por ação.

- Investimento numa máquina de corte que avance a barra automaticamente X milímetros

Na maioria dos casos, o corte de matérias-primas é feito a partir de barras/varões/tubos. Posto isto, cerca de 95% das vezes que a máquina vai cortar, é necessário o operador avançar a barra no comprimento da peça manualmente, tendo de a medir primeiro.

Com o investimento de uma máquina de corte que avance automaticamente os milímetros necessários para o corte da peça seguinte, poupávamos cerca de 1 minuto por corte, o que ao final de um dia gerava em cerca de 1 hora.

Esta implementação seria a que, na minha opinião, conseguiria a maior redução de tempo de setup para este centro de trabalho, porém essas máquinas encontram-se a preços extremamente altos e o investimento tem de ser bem planeado.

3.3 Resultados

Após a aplicação dos três estágios da metodologia SMED, foi realizada uma nova gravação de vídeo de 2 horas, porém, desta vez, apenas no segundo turno, pois foi aquele que previamente atingiu uma percentagem maior de setup interno em relação ao setup externo, conseguindo assim demonstrar uma evolução maior.

3.3.1 Resultados da aplicação do SMED nos tempos de setup

Conforme relatado no capítulo anterior, o SMED tem uma capacidade de redução de tempo de setup interno em cerca de 50%, logo as expectativas seriam alcançar esses valores neste caso de estudo.

Na Tabela 12 encontramos os tempos de setup do operário do segundo turno

Tabela 12 - Tempos de setup após a metodologia SMED

Motivo do setup	Tempo decorrido	Tempo total de setup	Setup interno	Setup externo
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	00:02:10	00:02:10	00:02:10	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima OF	00:03:20	00:05:30	00:03:20	00:00:00
Iniciar o processo de corte	00:03:30	00:00:10	00:00:10	00:00:00
Localizar um normalizado específico	00:06:10	00:00:30	00:00:00	00:00:30
Localizar um normalizado específico	00:07:40	00:00:30	00:00:00	00:00:30
Localizar um normalizado específico	00:14:25	00:03:20	00:00:00	00:03:20
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	00:15:10	00:00:40	00:00:00	00:00:40
Localizar e colocar na palete a matéria-prima necessária para a próxima OF	00:18:45	00:03:35	00:00:00	00:03:35
Colocar na máquina a matéria-prima que foi deixada na palete	00:19:15	00:00:30	00:00:30	00:00:00
Iniciar o processo de corte	00:19:25	00:00:10	00:00:10	00:00:00
Rececionar material proveniente de um fornecedor	00:45:40	00:08:30	00:00:00	00:08:30
Identificar o material com o nº da ordem de fabrico e colocá-lo na palete	00:52:10	00:06:30	00:00:20	00:06:10
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	01:12:20	00:00:20	00:00:20	00:00:00
Localizar e colocar na máquina a matéria-prima necessária para a próxima OF	01:14:40	00:02:20	00:02:20	00:00:00
Iniciar o processo de corte	01:14:50	00:00:10	00:00:10	00:00:00
Criação de uma guia de transporte que permite encaminhar peças para fornecedores	01:21:30	00:02:00	00:00:00	00:02:00

Localizar um normalizado específico	01:24:40	00:01:30	00:00:00	00:01:30
Identificar qual matéria-prima usar para a próxima ordem de fabrico	01:30:10	00:00:30	00:00:00	00:00:30
Localizar e colocar na palete a matéria-prima necessária para a próxima OF	01:35:05	00:04:55	00:00:00	00:04:55
Colocar na máquina a matéria-prima que foi deixada na palete	01:30:20	00:00:20	00:00:20	00:00:00
Iniciar o processo de corte	01:32:25	00:00:10	00:00:00	00:00:10
Rececionar material proveniente de um fornecedor	01:48:30	00:04:40	00:00:00	00:04:40
Localizar um normalizado específico	01:55:10	00:02:25	00:00:00	00:02:25
Lanche do operário	02:10:00	00:00:10	00:00:00	00:00:10
Tempos de setup totais	02:10:00	00:51:35	00:09:30	00:25:15
	Tempo decorrido	Tempo total de setup	Setup interno	Setup externo

Nos gráficos a baixo encontram-se a diferença percentual entre o tempo decorrido com o tempo de setup e a percentagem de setup interno contra setup externo, antes e após a implementação da metodologia.

Gráfico 3 - Percentagem de tempo de setup vs tempo fora setup antes a aplicação do SMED

Gráfico 4 - Percentagem de tempo de setup vs tempo fora do setup após a aplicação do SMED

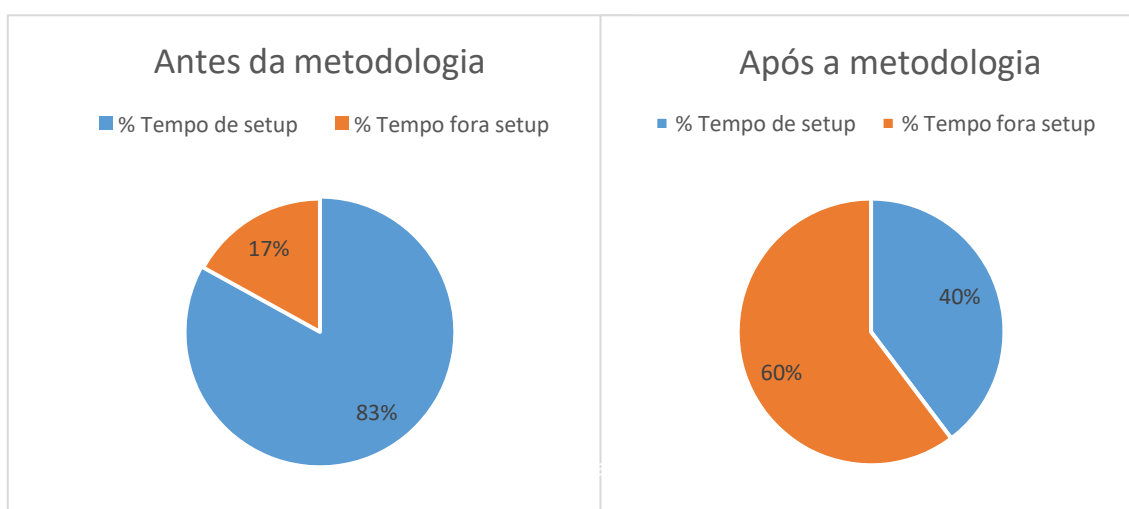


Gráfico 5 - Percentagem de tempo de setup interno vs setup externo antes do SMED

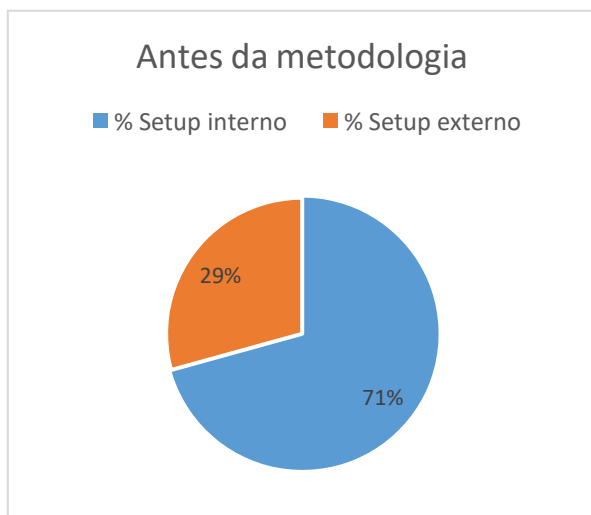
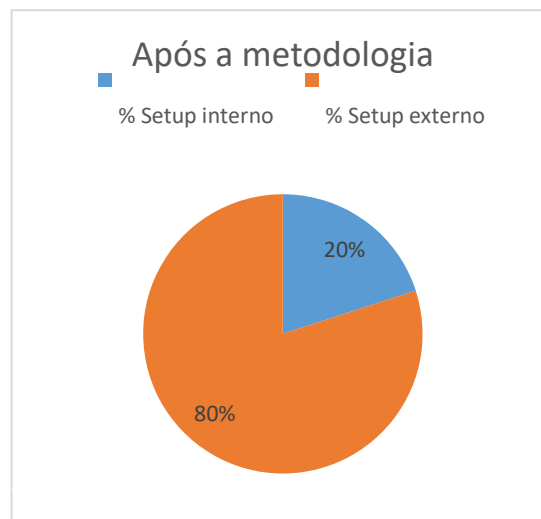


Gráfico 6 - Percentagem de tempo de setup interno vs setup externo após o SMED



Estes resultados foram obtidos pelas Equação 1 e Equação 2 para os gráficos de baixo e pelas Equação 3 e Equação 4 no caso dos dois primeiros gráficos.

Equação 3 - Cálculo da %Tempo de setup

$$\% \text{Tempo de setup} = (\text{Tempo de setup}) / (\text{Tempo total de setup}) \times 100$$

Equação 4 - Cálculo da %tempo fora setup

$$\% \text{Tempo fora setup} = 100 - \% \text{Tempo de Setup}$$

3.3.2 Análise dos 3 critérios de sustentabilidade

Após os resultados da aplicação desta metodologia nos tempos de setup, é necessário definir os indicadores a analisar e quantificar o seu impacto. A escolha dos indicadores foi suportada pela análise bibliográfica anterior.

Na Tabela 13 estarão representados esses indicadores, separados nos 3 diferentes critérios de sustentabilidade.

Tabela 13 - Análise dos 3 critérios de sustentabilidade

Critério de sustentabilidade	Indicador de sustentabilidade
Económico	Capacidade de produção (H)
	Custos e lucros derivados do setup (€)
Ambiental	Consumo energético (kWh)
	Consumo de óleo (L)
Social	Trabalho associado ao transporte de cargas (J)

3.3.2.1 Aumento da capacidade produtiva da máquina

Devido à aplicação da metodologia SMED, o tempo de setup total diário foi reduzido em 43%, permitindo assim ao operador antecipar algumas tarefas enquanto a máquina se encontra a cortar. Com isto, o tempo que demorará a colocar uma nova peça na máquina de corte após a máquina parar diminuirá consideravelmente, resultando assim num aumento produtivo da mesma, pois não irá perder tanto tempo com o setup. Este facto é sustentado pelos resultados do subcapítulo anterior, onde verificamos uma redução de setup interno de cerca de 51%.

De modo a transformar estas informações em números, foram analisados os registos produtivos da máquina de corte antes da implementação da metodologia e após. Porém, é difícil obter uma comparação através do número unitário de peças cortadas, pois existem peças que demoram muito mais tempo a cortar que outras, devido à elevada dureza da matéria-prima ou às suas elevadas dimensões.

Posto isto, ficou decidido estabelecer a comparação dos resultados conforme as horas de produção diárias.

Para nos auxiliar na análise horária de produção dos operadores desta máquina, foi utilizado a ferramenta iCFaR, que permite uma pesquisa por código de operador, onde nos é indicado o tempo de produção da máquina em questão no dia designado. Foram então escolhidos três dias aleatórios antes de ter sido implementado a metodologia e observou-se os dados representados na Tabela 14.

Tabela 14 - Tabela produtiva dos 3 dias aleatórios antes do SMED

	Tempo total	Tempo em produção	Tempo máquina parada	Quantidade de peças cortadas
Dia 1	16 Horas	07:56 H	08:04 H	374
Dia 2	16 Horas	08:50 H	07:10 H	312
Dia 3	16 Horas	07:24 H	08:36 H	248
Média	16 Horas	08:03:20	07:56:40	311,33

De seguida, foram analisados três dias aleatórios após a implementação dos 3 estágios do SMED. (Tabela 15)

Tabela 15 - Tabela produtiva dos 3 dias aleatórios após o SMED

	Tempo total	Tempo em produção	Tempo máquina parada	Quantidade de peças cortadas
Dia 1	16 Horas	14:24 H	01:36 H	528
Dia 2	16 Horas	13:52 H	02:08 H	384
Dia 3	16 Horas	14:16 H	01:44 H	382
Média	16 Horas	14:10:40 H	01:49:20 H	431.33

Tabela 16 - Resultados médios

	Tempo total	Tempo em produção	Tempo máquina parada	Quantidade de peças cortadas
Pré - SMED	16 Horas	08:03:20 H	07:56:40 H	311.33
Pós - SMED	16 Horas	14:10:40 H	01:49:20 H	431.33

Posto isto, verificamos que existiu um aumento de cerca de 38% da taxa horária usada para efetivamente cortar as peças, traduzindo-se também num aumento da quantidade unitária de peças cortadas. Porém, conforme referido anteriormente, este aumento não pode ser considerado como forma de comparação, pois conforme comprovado pelos resultados anteriores, na Tabela 14 visualizamos um dia com 374 peças cortadas, porém com uma taxa horária produtiva de 49,58%, enquanto na Tabela 15 visualizamos um dia com 382 peças produzidas a uma taxa horária de produção de 89,17%. Tal deve-se ao facto de nesse dia as peças que necessitavam de ser cortadas continham ou dureza ou dimensões maiores que no anterior.

Traduzindo estes valores em faturação, estima-se que a empresa taxe em média 45€/Hora de produção ao cliente, sendo assim possível calcular o aumento de ganhos devido ao aumento da capacidade produtiva segundo a Equação 5. Os resultados estarão dispostos na Tabela 17.

Equação 5 - Cálculo da faturação derivada da taxa horária cobrada

$$\text{Faturação (€)} = \text{Taxa horária (€ / H)} * \text{Tempo em produção (H)}$$

Tabela 17 - Cálculo da faturação diária

	Tempo em produção	Faturação (€)
Pré - SMED	08:03:20 H	362.5
Pós - SMED	14:10:40 H	638
Taxa Horária	45 €/Hora	

Assim, a faturação da empresa influenciada pela taxa horária do operador aumentou em cerca de 176%, uma taxa bastante relevante para o futuro da mesma, pois, conforme o Gráfico 7, aumenta, em média, de 65.659€ para 135.636€ (cerca de 206%)

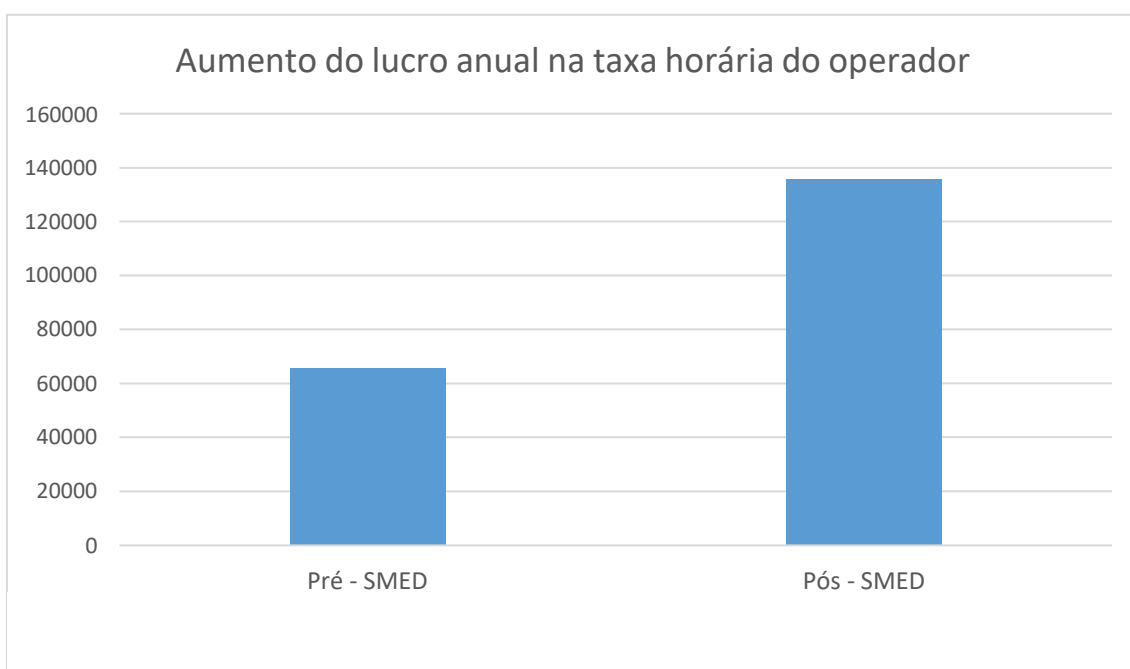
Os cálculos foram realizados com base na Equação 6

Equação 6 - Cálculo do lucro médio anual

$$\text{Lucro médio anual} = (\text{Faturação diária} * \text{Dias úteis}) - (\text{Salário} * \text{Dias Úteis})$$

Sendo usado o número de dias úteis do ano 2022 (254 dias) e o salário médio para os dois operadores considerado 6,50€/Hora.

Gráfico 7 - Comparação do lucro anual na taxa horária do operador, pré e pós SMED



3.3.2.2 Consumo energético

O consumo energético é o fator que mais influencia o pilar ambiental da empresa em estudo.

De modo a ser possível calcular a quantidade de energia consumida no posto de trabalho em questão, foram considerados três estágios possíveis para a máquina de corte, sendo estes:

- Estágio de produção

Este estágio é ativo quando a máquina está em funcionamento. É fornecida a energia suficiente à máquina, de modo a garantir a velocidade de corte necessária para

mesma. Este modo está maioritariamente ativo durante o horário laboral, excetuando o tempo de paragens, avarias ou setups.

- Estágio de espera

Este estágio é ativado quando for necessário parar a máquina de corte por algum motivo, tal como falta de matéria-prima para cortar ou mesmo falta de ordens de fabrico, quando é necessário fazer um setup interno, ou ainda quando for necessário existir algum tipo de manutenção, quer na máquina, quer no sistema elétrico da empresa.

- Estágio Desligado

Este estágio só existe no fim dos dois turnos, ou seja, entre as 00:30H e as 07:00H, pois não compensa deixar a corrente ligada quando nada irá ser produzido.

Posto isto, a energia total consumida neste posto de trabalho é dada pela equação 7.

Equação 7 - Cálculo da energia total

$$Energia\ Total = E_p + E_e + E_d$$

Sendo “Ep” a energia associada à produção, “Ee” associada à espera e “Ed” associada à energia gasta com a máquina desligada, que no caso é nula.

Sabe-se ainda que a potência energética associada à máquina em produção é 4,4 vezes maior do que a energia gasta no estágio de espera.

Assim:

Equação 8 - Cálculo da potência elétrica

$$P\ (kW) = (E\ (kWh)) / (Tempo\ (Horas))$$

$$Energia\ Total = 4,4 * P_e * t_p + P_e * t_e$$

Porque: $P_p = 1,2 * P_e$

Sendo “te” o tempo de espera e “tp” o tempo de produção.

Considerando o mesmo número de dias úteis considerado anteriormente (254 dias) e o tempo diário como 16H – dois turnos – consegue-se definir o número de horas anual de trabalho da máquina para cada estágio antes e após a aplicação da metodologia SMED, usando os tempos médios do subcapítulo anterior.

- Tempos em um dia útil
 - Antes da metodologia:

$$\text{Horas num dia} = 24:00:00$$

$$tp \text{ diário} = 08:03:20$$

$$td \text{ diário} = 06:30:00$$

$$te \text{ diário} = 24:00:00 - (tp + td) \gg$$

$$\ll te \text{ diário} = 09:26:40$$
 - Após a metodologia:

$$tp \text{ diário} = 14:10:40$$

$$td \text{ diário} = 06:30:00$$

$$te \text{ diário} = 24:00:00 - (tp + td) \gg$$

$$\ll te \text{ diário} = 03:19:20$$

- Tempos anuais
 - Antes da metodologia:

$$\text{Número de dias úteis em 2022} = 254 \text{ dias}$$

$$tp \text{ diário} = 08:03:20 = 8,0555(5) \text{ horas}$$

$$tp \text{ anual} = 254 * 8,05555(5) = 2046,111(1) \text{ horas} = 2046:06:40$$

$$te \text{ diário} = 09:26:40 = 9,4444(4) \text{ horas}$$

$$te \text{ anual} = 254 * 9,4444(4) = 2398,8888(8) \text{ horas} = 2398:53:20$$

$$td \text{ diário} = 06:30:00 = 6,5 \text{ horas}$$

$$td \text{ anual} = 6,5 * 254 = 1651 \text{ horas}$$
 - Após a metodologia:

$$tp \text{ diário} = 14:10:40 = 14,1777(7) \text{ horas}$$

$$tp \text{ anual} = 254 * 14,1777(7) = 3601,155(5) \text{ horas} = 3601:09:20$$

$$te \text{ diário} = 03:19:20 = 3,32222(2) \text{ horas}$$

$$te \text{ anual} = 254 * 3,3222(2) = 843,8444(4) \text{ horas} = 843:50:40$$

$$td \text{ diário} = 06:30:00 = 6,5 \text{ horas}$$

$$td \text{ anual} = 6,5 * 254 = 1651 \text{ horas}$$

Sabendo que, conforme o anexo 1, a potência elétrica necessária para a máquina no estado de espera, ou seja, sem estar a efetuar o processo de corte, usando apenas a energia para a lubrificação, é de 0,44kW, conseguimos, finalmente, calcular a energia consumida por ano antes e após a aplicação da metodologia SMED, através da equação XYZ.

- Antes da metodologia:

$$\text{Energia anual} = (4.4 * 2046.111 + 2398.888) * 0.44 = 5016.78 \text{ kWh}$$

- Após a metodologia:

$$\text{Energia anual} = (4.4 * 3601.1555 + 843.84444) * 0.44 = 7343.13 \text{ kWh}$$

Posto isto, a empresa terá um gasto de energia consideravelmente maior em relação ao passado, devido à redução e externalização do setup, sendo este, portanto, um dos pontos fulcrais para melhoramentos futuros.

3.3.2.3 Consumo de óleo

A maioria das máquinas presentes numa fábrica, estão sujeitas ao processo de lubrificação. Neste processo são utilizados óleos próprios para metais, que permitem este metal ser maquinado sem sofrer danos superficiais.

Na máquina deste caso de estudo, tal não é exceção. A serra de corte necessita de estar lubrificada para conseguir realizar a sua função. Para isto, a máquina já vem integrada com um sistema de auto lubrificação, cuja sua intensidade pode ser regulada pelo operador.

De modo a descobrir qual o consumo médio de óleo desta máquina, antes e após a implementação da metodologia SMED, foi preciso um cronómetro no qual o operário conseguisse cronometrar o tempo que levaria a gastar os 20L de óleo – que é o volume do tanque de armazenamento da máquina, conforme o anexo 1 – designados para a sua secção. Os resultados estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Consumo do óleo

	Tempo para consumir 20L	Quantidade consumida em 1 turno (L)
Pré - SMED	23:47:30	13,45
Pós - SMED	13:15:00	24,15

Através destes resultados, é possível concluir que o consumo de óleo também aumentou. Tal deve-se ao facto da minimização do setup interno, pois enquanto a máquina está parada o consumo deste óleo é reduzido, porque o operador consegue diminuir a intensidade de lubrificação.

Considerando um custo por litro de 6.20€ e que o mesmo é misturado com água a uma taxa de 60% óleo e 40% água:

Tabela 19 - Consumo real do óleo

	Quantidade de mistura consumida em 1 turno (L)	Quantidade de óleo consumida em 1 turno (L)
Pré - SMED	13,45	8,07
Pós - SMED	24,15	14,49

Posto isto, verificou-se um aumento de 130% no consumo de óleo diário, resultando num gasto anual de 3 680,46€, em comparação aos 2 049,78€ antes do SMED.

3.3.2.4 Custos anuais do posto de trabalho

Neste indicador tem-se como objetivo analisar o impacto dos custos da secção relacionados com a alteração do tempo de setup da mesma. Este custo pode ser dividido em dois pontos:

- Custo operacional, no qual é contabilizado o custo horário dos operadores, bem como todos os custos associados ao funcionamento da máquina;
- Custo energético, no qual será contabilizado o aumento do consumo energético.

No custo operacional consideraremos o custo dos salários dos operadores, bem como o aumento dos custos do óleo. Quanto ao salário dos operadores, o mesmo não depende do tempo de setup, pois não será alterado. Posto isto, teremos um custo diário de 104€, colmatando num custo anual de 26.416€, aproximadamente.

Quanto ao custo do óleo que permite o funcionamento da máquina já foi calculado no subcapítulo anterior, sendo este 3.680,46€, resultando num aumento de 1.630,68€

Sendo assim iremos obter um custo operacional anual de cerca de 30.096,50€ aproximadamente, em comparação aos 28.465,82€ anteriores.

Já o custo energético será mais simples de calcular. Apenas será necessário multiplicar o custo imposto pela operadora energética – considerado 0,179778 €/kWh, sendo este valor a média dos valores taxados em 2022 pelos operadores energéticos de maior nome em Portugal (Anexo 1 – Preço do kWh dos maiores fornecedores de energia nacionais) – pela energia consumida pela máquina anualmente, conforme a equação a baixo.

$$\text{Custo energético Setup} = \text{Custo do kWh} * \text{Energia consumida anualmente}$$

Usando os valores calculados no consumo energético, obtemos os resultados representados na Tabela 20.

Tabela 20 - Cálculo do custo energético anual associado ao setup

	Custo energético (€/kWh)	Energia consumida anualmente (kWh)	Custo anual (€)
Pré - SMED	0,179778	5016.78	901,91
Pós - SMED	0,179778	7343.13	1320,13

Verificou-se assim um aumento de 418,22€ anuais no custo energético da máquina, algo pouco significativo, pois o aumento da faturação, devido ao aumento da produtividade, irá prevalecer sobre esse aumento de custo energético.

3.3.2.5 Trabalho associado ao transporte de cargas

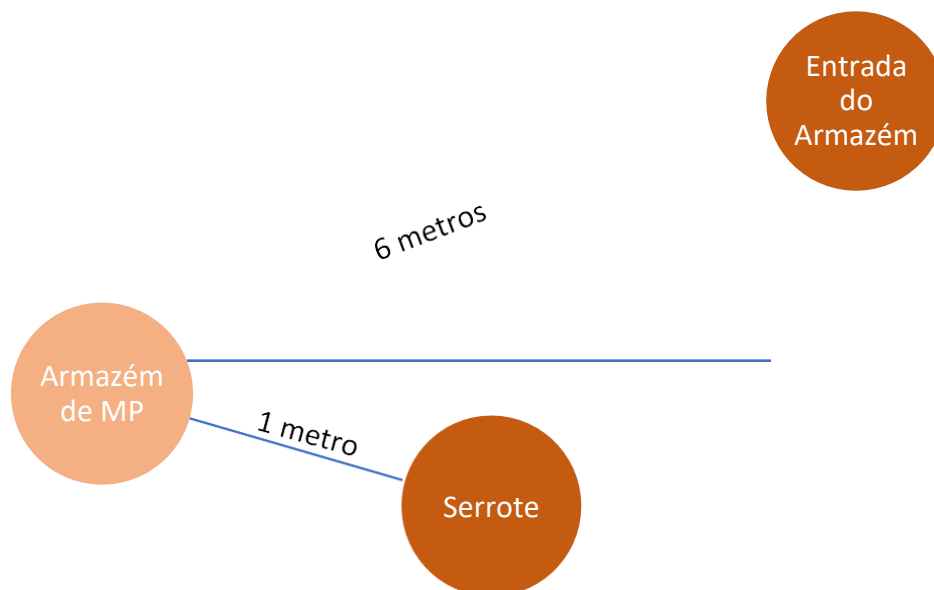
No âmbito de estudar o indicador de sustentabilidade social, foi analisada a influência da implementação da metodologia SMED na ergonomia dos operadores. Os dois operadores desta secção estão, por vezes, sujeitos ao transporte de cargas elevadas, principalmente no transporte da matéria-prima da entrada da fábrica para o local onde irá ser armazenada e no transporte da matéria-prima do local onde ela está armazenada até à máquina.

A melhor forma de fazer esta análise será calcular a energia gasta pelo operador, no estado de trabalho, enquanto está a exercer as suas funções. Primeiramente é necessário perceber que o operador A, o qual trabalha no turno da manhã/tarde, terá de ir muitas mais vezes à entrada do armazém rececionar a matéria-prima, pois é o horário onde vão mais fornecedores à empresa entregar encomendas. Porém este

operador será também o que movimentará cargas mais leves, devido a não ter a capacidade física do operador B, ficando as cargas mais pesadas encarregues dele.

No Gráfico 8 está demonstrado o esquema do armazém e os pontos referidos anteriormente, bem como as distâncias entre eles.

Gráfico 8 - Esquema do layout do armazém



Na Tabela 21 - Cálculo da energia gasta pelos trabalhadores antes do SMED, estão representados, para a situação prévia à implementação da metodologia, os pesos médios das cargas transportadas diariamente, o número médio de deslocações, tanto para a entrada, como para o local onde a matéria-prima está armazenada, e a distância total calculada através da soma das multiplicações entre as distâncias pelo número de vezes que foram percorridas. Por fim estará representada a energia diária gasta pelos operadores em forma de trabalho.

$$\text{Trabalho (J)} = \text{Massa da carga (Kg)} * g \text{ (m/s}^2\text{)} * \text{Distância total (m)}$$

Tabela 21 - Cálculo da energia gasta pelos trabalhadores antes do SMED

OPERADOR	PESO DA CARGA	NÚMERO DE DESLOCAÇÕES PARA A ENTRADA	NÚMERO DE DESLOCAÇÕES PARA A MATÉRIA-PRIMA	DISTÂNCIA TOTAL PERCORRIDA	W (J)
A	14 Kg	18	14	122 m	16755
B	32 Kg	7	15	57 m	17893

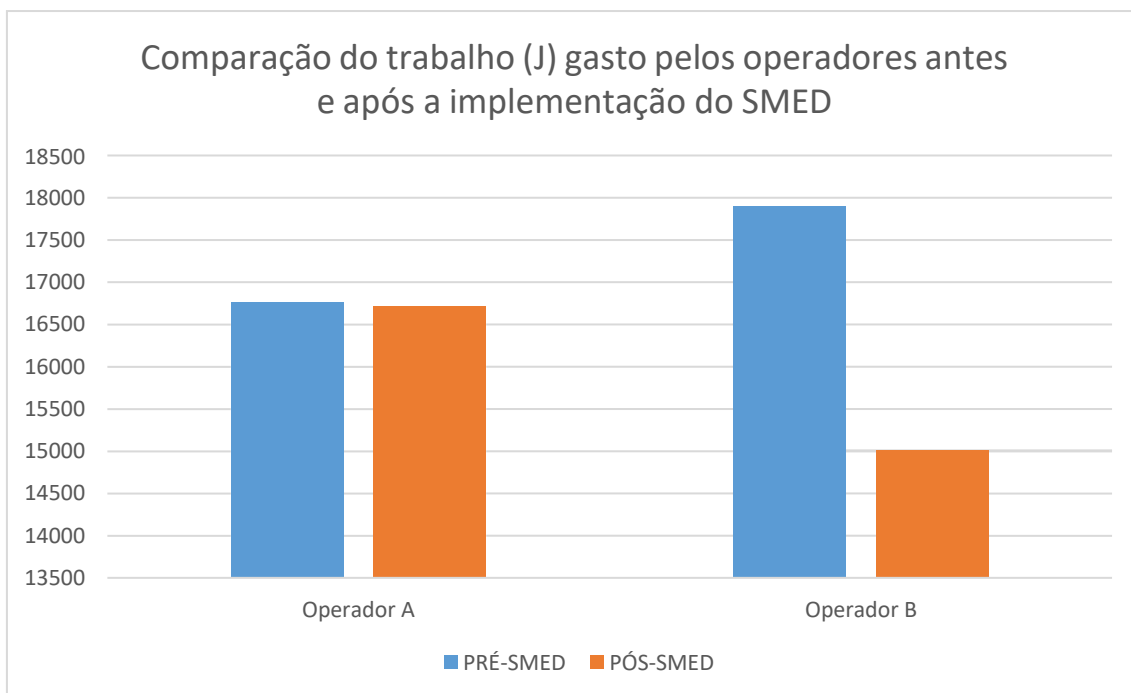
Porém, após a implementação do SMED, foi previsto o aumento do número de vezes que os operadores teriam de se dirigir ao local onde armazenam as matérias-primas, pois, devido ao decréscimo do tempo de setup, os operadores conseguiram aumentar o tempo produtivo, necessitando assim de ir buscar muitas mais vezes matéria-prima para conseguirem satisfazer esse aumento de produção. Além disso, ainda se previa uma diminuição da massa da carga a movimentar, devido à implementação do uso da empilhadora com auxílio de paletes, e da utilização das pegas.

Na Tabela 22 foram representados os resultados obtidos após a implementação da metodologia, sendo depois comparados com os resultados anteriores no Gráfico 9 - Comparação entre os resultados obtidos

Tabela 22 - Cálculo da energia gasta pelos trabalhadores após o SMED

OPERADOR	PESO DA CARGA	NÚMERO DE DESLOCAÇÕES PARA A ENTRADA	NÚMERO DE DESLOCAÇÕES PARA A MATÉRIA-PRIMA	DISTÂNCIA TOTAL PERCORRIDA	W (J)
A	13 Kg	17	29	131 m	16706
B	18 Kg	9	31	85 m	15009

Gráfico 9 - Comparação entre os resultados obtidos



CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4 CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

Sendo o grande objetivo desta dissertação a implementação de uma metodologia SMED a uma empresa, iniciou-se por analisar o histórico de tempo de setup do serrote, dividindo-o posteriormente em setup interno e setup externo. Sendo a percentagem de setup interno inicial de 71%, o grande objetivo seria reduzi-lo para 21%, ou seja, uma diminuição de 50%.

Estando o objetivo definido, foi feita uma gravação de modo a perceber-se o estado inicial do setup. Após a análise da filmagem, foram mapeados os tempos de setup dos operadores, durante essas 2 horas de gravação, identificando quais as tarefas internas e externas do setup. Posteriormente foram externalizadas as tarefas e normalizadas num modo operatório. Por fim, foram indicadas melhorias possíveis para este posto de trabalho, com vista à otimização do setup.

Através da implementação do SMED conclui-se que no espaço de 4 meses a redução aproximada do tempo de setup geral foi de 43%, enquanto a redução do setup interno foi de 51%, ultrapassando assim os objetivos.

Assim, apesar destes resultados serem atrativos, tanto financeiramente, como produtivamente, este sistema também tem as suas falhas. Conforme a análise da sustentabilidade ambiental, vemos que o consumo de energia aumentou, bem como o uso de óleos para lubrificação, causando, já considerando a sustentabilidade económica, um aumento de cerca de 2 048,90€ no custo produtivo da máquina.

Porém, apesar destes aumentos, financeiramente acaba por compensar, pois foi obtido um aumento da taxa de produtividade dos trabalhadores, resultando num aumento anual de faturação em cerca de 69.977€ estimando-se assim um aumento de lucro neste posto de trabalho de 62 707€ para 130 635,41€ (cerca de 208%)

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Agyabeng-Mensah, Y., Ahenkorah, E., Afum, E., & Owusu, D. (2020). The influence of lean management and environmental practices on relative competitive quality advantage and performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(7). <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2019-0443>
- Alexander, A., Walker, H., & Naim, M. (2014). Decision theory in sustainable supply chain management: A literature review. *Supply Chain Management*, 19. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2014-0007>
- Barbosa, B., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2017). Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach. *Procedia Manufacturing*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.250>
- Circular ecology*, Making a difference together. Disponível em: www.circularecology.com. Acesso em: 05/10/2022.
- Corrêa, C. A., & Corrêa, H: Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços - Uma abordagem Estratégica, Atlas, 2012
- Eden, C., & Ackermann, F. (2018). Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. *European Journal of Operational Research*, 271(3). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.061>
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. *Production*, 5(2). <https://doi.org/10.1590/s0103-65131995000200004>
- Gomes da Silva, F. J., & Gouveia, R. M. (2020). Cleaner Production - Towards a Better Future. In *Springer* (Vol. 11, Issue 2).
- Gomes Silva, F. J., Kirytopoulos, K., Pinto Ferreira, L., José Carlos, S., Santos, G., & Cancela Nogueira, M. C. (2022). The three pillars of sustainability and agile project management: How do they influence each other. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, March, 1–18. <https://doi.org/10.1002/csr.2287>
- Handfield, R. B., & Pannesi, R. T. (1994). Antecedents of leadtime competitiveness in make-to-order manufacturing firms. *International Journal of Production Research*, 32(12). <https://doi.org/10.1080/00207549508930163>
- Hobsbawm, E. J. (1999). Book Reviews Nationalism Reframed: Nationhood and the National Question in the New Europe. By Rogers Brubaker. New York: Cambridge

- University Press, 1996. *American Journal of Sociology*, 105(3). <https://doi.org/10.1086/210362>
- Hutchins, M. J., & Sutherland, J. W. (2008). An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. *Journal of Cleaner Production*, 16(15). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.001>
- Imai, M. (1997). Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy. In *Library Journal* (Vol. 122).
- James-Moore, S. M., & Gibbons, A. (1997). Is lean manufacture universally relevant? An investigative methodology. *International Journal of Operations and Production Management*, 17(9). <https://doi.org/10.1108/01443579710171244>
- Joshi, R., & Naik, G. R. (2012). Application of SMED Methodology-A Case Study in Small Scale Industry. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(8).
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5–8). <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16). <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Machline, C. (1984). MONDEN, Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. *Revista de Administração de Empresas*, 24(3). <https://doi.org/10.1590/s0034-75901984000300015>
- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>
- McDonald, T., van Aken, E. M., & Rentes, A. F. (2002). Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 5(2). <https://doi.org/10.1080/13675560210148696>
- Melo, A. C. S., Braga, A. E., Leite, C. D. P., Bastos, L. dos S. L., & Nunes, D. R. de L. (2021). Frameworks for reverse logistics and sustainable design integration under a sustainability perspective: a systematic literature review. *Research in Engineering Design*, 32(2). <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00351-8>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A). <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>

- Morgado, L., Silva, F. J. G., & Fonseca, L. M. (2019). Mapping occupational health and safety management systems in Portugal: Outlook for ISO 45001:2018 adoption. *Procedia Manufacturing*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.103>
- Notícias, J. (2022). *Info Empresas*. Lista de Empresas Por Atividade. www.infoempresas.jn.pt
- Ohno, T. (1978). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. *医学教育*, 9(4).
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. In *Science* (Vol. 325, Issue 5939). <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pacheco, D. A. de J. (2014). Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Production*, 24(4). <https://doi.org/10.1590/s0103-65132014005000002>
- Pakdil, F., & Leonard, K. M. (2017). Implementing and sustaining lean processes: the dilemma of societal culture effects. *International Journal of Production Research*, 55(3). <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1200761>
- Pampanelli, A. B., Found, P., & Bernardes, A. M. (2014). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>
- Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., & Baptista, A. (2019). Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry involving Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127>
- Ranganathan, H. V., & Premkumar, H. R. (2012). *Improving Supply Chain Performance through Lean and Green*.
- Ranjbari, M., Shams Esfandabadi, Z., Zanetti, M. C., Scagnelli, S. D., Siebers, P. O., Aghbashlo, M., Peng, W., Quatraro, F., & Tabatabaei, M. (2021). Three pillars of sustainability in the wake of COVID-19: A systematic review and future research agenda for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126660>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rother, & Shook. (2003). *No Title*.
- Sá, J. C., Vaz, S., Carvalho, O., Lima, V., Morgado, L., Fonseca, L., Doiro, M., & Santos, G. (2022). A model of integration ISO 9001 with Lean six sigma and main benefits

- achieved. *Total Quality Management and Business Excellence*, 33(1–2), 218–242. <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1829969>
- Sachs, I. (1997). Estratégias de transição para o século XXI. In *Para pensar o desenvolvimento sustentável*.
- Seddon, N., Mace, G. M., Naeem, S., Tobias, J. A., Pigot, A. L., Cavanagh, R., Mouillot, D., Vause, J., & Walpole, M. (2016). Biodiversity in the anthropocene: Prospects and policy. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 283, Issue 1844). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2094>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*.
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2021). A comparison of the application of the smed methodology in two different cutting lines. *Quality Innovation Prosperity*, 25(1), 124–149. <https://doi.org/10.12776/QIP.V25I1.1446>
- Silva, F. J. G., Ferreira, F., Costa, C., Ribeiro, M. C. S., & Meira Castro, A. C. (2012). Comparative study about heating systems for pultrusion process. *Composites Part B: Engineering*, 43(4). <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.01.057>
- Silva, S., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Santos, G. (2020). Lean Green—The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy—A Case Study. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 122, 211–219. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41429-0_21
- Suresh Kumar, B., & Syath Abuthakeer, S. (2012). Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry. *Journal of Applied Sciences*, 12(10). <https://doi.org/10.3923/jas.2012.1032.1037>
- Terlau, W., & Hirsch, D. (2015). Sustainable Consumption and the Attitude-Behaviour-Gap Phenomenon - Causes and Measurements towards a Sustainable Development. *International Journal on Food System Dynamics*, 6(3). <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v6i3.634>
- Ulutas, B. (2011). An application of SMED methodology. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1083869>
- United Nations. (2007). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. In *New York* (Issue October).
- Vallance, S., Perkins, H. C., & Dixon, J. E. (2011). What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum*, 42(3). <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.01.002>
- van Bellen, H. M. (2004). Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. *Cadernos EBAPE.BR*, 2(1). <https://doi.org/10.1590/s1679-39512004000100002>

- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38(Faim 2019), 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- Winter, M., & Knemeyer, A. M. (2013). Exploring the integration of sustainability and supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(1). <https://doi.org/10.1108/09600031311293237>
- Withers, S., & Demediuk, P. (2014). Sustainability Reporting Guidelines. *The International Journal of Sustainability in Economic, Social, and Cultural Context*, 9(2). <https://doi.org/10.18848/2325-1115/cgp/v09i02/55230>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, Daniel T: *The machine that changed the world*, Harper Perennial (Novembro, 1990)

ANEXOS

6.1 Anexo1

6 ANEXOS

6.1 Anexo 1 – Preço do kWh dos maiores fornecedores de energia nacionais

Fornecedora	Tarifa	Preço €/kWh
	EDP Dual	0.23770
	E-Luz e Gás	0.14499
	Galp & Estrada Eletricidade e Gás	0.22360
	Casa Luz	0.14610
	+Cliente Dual	0.14650

6.2 Anexo 2 – Ficha técnica da máquina de corte

MAJOR

SEGATRICE A NASTRO SEMIAUTOMATICA PER TAGLI DA 0° A 60° A DESTRA
 SEMIAUTOMATIC BAND SAW MACHINE FOR CUTS FROM 0° TO 60° RIGHT



	Ø	a b axb	a b axb	a b axb
0°	260 mm	260 mm	260x370 mm	260x370 mm
45° →	260 mm	260 mm	120x290 mm	260x260 mm
60° →	180 mm	180 mm	90x190 mm	180x180 mm

Standard

- Arco a gestione idraulica con regolazione del taglio tramite valvola di flusso monogiro, in posizione ergonomica.
- Morsa chiusura materiale a posizionamento manuale con cilindro di bloccaggio idraulico.
- Rotazione arco con fermi di battuta a 0°, 45° e 60°.
- Scala graduata per lettura angolo e robusta leva di bloccaggio.

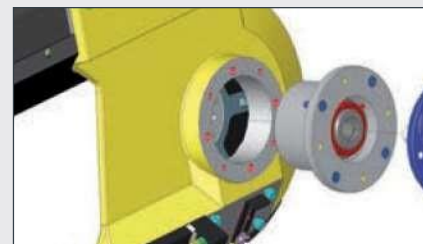
- Head hydraulic controlled with cutting adjustment by single-turn flow valve, in an ergonomic position.
- Material clamping vice with manual positioning with hydraulic locking cylinder.
- Head rotation angle stop at 0°, 45° and 60°.
- Degrees measuring system, graduated scale and rugged in construction locking lever.

Optional

SENS - VAT - DOTM - RPM1 - NB1 - NB2 - LX - TM - MT - SR D - ACP

Dotazioni accessorie Accessory equipments

C2 - RP2G - RP1G - CRC - CRS - RRS - FM..RS - FM..RI - RM - RCN - RMN



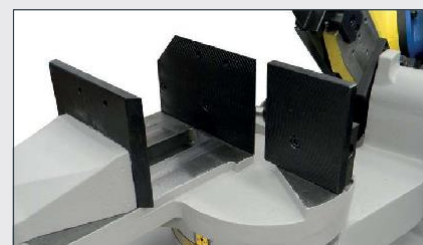
Gruppo flangia con cuscinetti conici contrapposti a sostegno del volano motore, preservando il riduttore dagli sforzi.

Flange unit with conical bearings supporting the motor wheel, preserving the gear unit by the efforts.



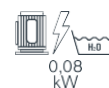
Pannello comandi elettronico con display per visualizzare: quantità dei tagli, velocità lama, angolo di taglio (con optional VAT), allarmi.

Electronic control panel with display for the visualization of: cuts quantity, blade speed, cut angle (with option VAT), alarms.



Sistema di manovra scorrevole ed efficiente anche ad elevati carichi. Ganascia d'appoggio per il sostegno del materiale in uscita.

Smooth and efficient manoeuvring system even at high loads. Unloading side material supporting jaw.





FMB si riserva il diritto di modificare i dati indicati senza necessità di preavviso.
FMB srl reserves the right to modify any data quoted above without previous notice.