



# ESTUDO DOS MECANISMOS DE GERAÇÃO DE DEGRAU NAS EMENDAS DO ?BREAKER? NO PROCESSO DE CORTE METÁLICO

JOÃO CLAUDIO MAIA DE SOUSA

novembro de 2018

# ESTUDO DOS MECANISMOS DE GERAÇÃO DE DEGRAU NAS EMENDAS DO *BREAKER* NO PROCESSO DE CORTE METÁLICO

João Cláudio Maia de Sousa

1130143

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



# ESTUDO DOS MECANISMOS DE GERAÇÃO DE DEGRAU NAS EMENDAS DO *BREAKER* NO PROCESSO DE CORTE METÁLICO

João Cláudio Maia de Sousa

1130143

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 Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, e coorientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



# JÚRI

## **Presidente**

Doutor Manuel Jorge Dores de Castro

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Coorientador**

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Doutor José Duarte Ribeiro Marafona

Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Doutor Raul Campilho, pela dedicação no decorrer do projeto, que se manifestou na completa disponibilidade, partilha de conhecimento e esclarecimento de dúvidas.

Ao meu coorientador, Doutor Francisco Silva, por toda a sua contribuição neste trabalho. Pelas oportunidades que proporciona aos alunos assim como pelo empenho que tem em tornar o ISEP uma instituição de ensino cada vez melhor.

Ao Engenheiro Nuno Gandara, meu orientador na empresa, pela oportunidade. Pelo esclarecimento, por se mostrar sempre disponível e pela capacidade de me motivar através do seu discurso sempre positivo.

A todos os supervisores do Departamento II – Frio, Andreia Carvalho, Sandra Cardoso, Hélder Santos, Leandro Araújo, Pedro Oliveira, e Rui Simões pela ajuda.

Ao DATP, pela passagem de conhecimento sobre o processo, em especial ao Carlos Correia e Pedro Neves, ao primeiro pelo que aprendi através da sua experiência, ao segundo por me instigar a ser cada vez expedito, como ele dizia.

Ao Departamento de Qualidade, em especial ao Eng. Rui Barbosa, pela dedicação ao trabalho.

Ao Departamento de Engenharia III e Engenharia II pela colaboração.

A toda a equipa do laboratório que sempre demonstrou disponibilidade para a realização dos testes necessários.

A todos os operadores do Departamento II-Frio, em especial aos operadores das máquinas de corte metálico, por apesar de estarem a trabalhar, demonstrarem sempre paciência, compreensão e vontade de cooperar com o projeto.

A toda a minha família pelo apoio, em especial aos pais pela educação que me proporcionaram, e aos meus irmãos, Sofia e Afonso, que são sempre uma fonte de força.

Por fim, a todos os meus amigos, pela paciência e compreensão, em especial aos irmãos Alves, Nuno e Vitória.

A todos, muito obrigado.

Foi um privilégio!!

## PALAVRAS CHAVE

*Breaker*, Processos de fabrico, Corte metálico, Melhoria contínua, Qualidade.

## RESUMO

A indústria automóvel encontra-se em constante mudança, tanto por alterações na economia e consequente disponibilidade de compra por parte do utilizador, como pelo constante desenvolvimento tecnológico, como é o caso dos veículos de utilização mais amiga do ambiente e dos automóveis de condução autónoma.

Invariável, por outro lado, tem sido o crescimento da indústria a nível global, a exigência dos mais elevados índices de qualidade e produtividade, que aliados à cada vez maior automatização do processo, apontam o caminho para a implementação da indústria 4.0.

A taxa de sucata que a indústria produz induz uma pegada ecológica enorme, que tem sido estudada cada vez mais, de forma a obter-se uma produção mais verde. Também a produção desse material não conforme, é precedida pela ineficiência do processo e custos de tratamento, que na indústria automóvel se pagam com perda de competitividade. É nesta linha de pensamento que o presente estudo encaixa, tendo como propósito o aumento do *Know How* sobre a imperfeição “degrau” que ocorre durante a emenda no processo de corte metálico, e a proposta de soluções com potencial de a eliminar.

O estudo foi realizado na Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A., em parceria com o Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Começou-se por compreender o processo, as máquinas e a área fabril, de forma a orientar as escolhas ao ambiente e circunstâncias de laboração.

A investigação sobre a origem da imperfeição revelou existir um elevado número de causas potenciais que, após classificação, se resumiram em três, nomeadamente tensão, adesividade e operador, sendo mais influentes as primeiras duas. Foi então feito um estudo a estas duas características do material. Os dados revelaram haver pouca consistência na adesividade do material, explicada pela grande variação das

caraterísticas do produto natural utilizado, a borracha natural. No que se refere à tensão do material, encontrou-se também inconsistência das suas caraterísticas, desta vez devido à falta de controlo do processo de calandra, originada pela grande liberdade de operação dada ao operador.

Posto isto, dado no momento em que foi feito o estudo não ser possível controlar os valores de adesividade, sugeriu-se a implementação de um sistema que tem como objetivo tornar a máquina menos sensível a variações desta caraterística.

Relativamente à tensão, como tentativa de melhorar o comportamento do *creel* superior, que foi o que revelou piores resultados, projetou-se a alteração a fazer à posição de desenrolamento do fio, para obter o mesmo princípio de funcionamento do *creel* inferior. No processo de calandra, sugeriu-se também traçar um caminho de restrição da intervenção do operador, começando pela implementação de um sistema de controlo automático da pressão do *creel*.

Entre as propostas feitas, implementou-se apenas a alteração do *creel* superior que, segundo os testes feitos, apresenta bons indicadores.

**KEYWORDS**

Breaker, Manufacturing Processes, Cutting, Continuous Improvement, Quality.

**ABSTRACT**

The automobile industry is in constant transformation due to changes in the economy, the consequent purchasing power of the users and also because the constant technological development, such as environmentally friendly vehicles and autonomous cars.

Invariably, on the other hand, it has been the growth of the industry at a global level, the requirement of quality and productivity indexes, which together with the increasingly process automation, pointing the way to the implementation of the industry 4.0.

The scrap rate that the industry produces induces a huge ecological footprint, which has been studied more and more, in order to obtain a greener production. Also, the production of this nonconforming material is preceded by inefficiency of the process and treatment costs which, in the automobile industry, are paid with loss of competitiveness. It is in this line of thought that the present study fits, aiming to increase the Know How about the imperfection "step" that occurs during the amendment in the process of metal cutting, and the proposal of solutions with the potential to eliminate it.

The research was made at Continental Mabor - Indústria de Tires S.A., in partnership with the Instituto Superior de Engenharia do Porto.

It began by understanding the process, the machines and the manufacturing area, in order to guide the choices to the environment and working conditions.

The investigation on the origin of the imperfection revealed a high number of potential causes which, after classification, were summarized in three ways, namely tension, adhesiveness and operator, and the most influential being the first two. The study was supported on these two material characteristics. The data obtained revealed a little consistency in the adhesiveness of the material, explained by the great variation of the characteristics of the natural product used, the natural rubber. As it regards the

material tension, its characteristics were also inconsistent, at this time because of the lack of control of the calendering process due to the wide autonomy of the operation given to the operator.

Hereupon, at the moment when the research was made, it was not possible to control the values of adhesiveness, so it was suggested the implementation of a system that aims to make the machine less sensitive to variations of this characteristic.

Concerning the tension, in an attempt to improve the demeanor of the upper creel which was the one that revealed the worst results, it was designed a change to be made to the unwinding position of the yarn to achieve the same operating principle of the lower creel was designed. In the calendering process, it was also suggested to draw a path of restriction of operator intervention, starting with the implementation of an automatic creel pressure control system.

Among the proposals made, only the alteration of the upper creel was implemented which, according to the tests done, shows good indicators.

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de abreviaturas

ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
CMIP	Continental Mabor Indústria de Pneus
CPP	Continental Pneus Portugal
D	Deteção
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
DOE	<i>Design of Experiences</i>
EPDM	<i>Ends per decimeter</i>
FAP	Fábrica de Automóveis Portugueses
FMEA	<i>Failure mode effect analysis</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ITA	Indústria Têxtil do Ave
MSA	<i>Measurement system analysis</i>
O	Ocorrência
PU	<i>Production Unit</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
RR	Reprodutibilidade e Repetibilidade
S	Severidade
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
UMM	União Metalomecânica
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

---

**Lista de unidades**

---

bar	Bar
cm	Centímetros
dN	Decinewton
h/ano	Hora por ano
kg	Quilograma
kg/ano	Quilograma por ano
kg/cm <sup>2</sup>	Quilograma por centímetro quadrado
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
N	Newton
N/mm	Newton por milímetro
Pa	Pascal
s	Segundo

---

**Lista de símbolos**

---

$A$	Área do embolo
$D$	Diâmetro do tambor
$d_c$	Diâmetro da haste
%	Porcentagem
$F_a$	Força de avanço
$F_p$	Força de Projeto
$l$	Largura da cinta

---

---

$P_1$	Pressão no ponto 1
$P_2$	Pressão no ponto 2
$P_t$	Pressão de trabalho
$p_{máx}$	Pressão máxima de contacto
$r$	Raio do tambor
$\mu$	Coefficiente de atrito
$\eta$	Fator de carga
$\pi$	Pi
$\Phi$	Ângulo de abraçamento

---



---

## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

<i>Bleeder</i>	Linha de algodão que ajuda a expulsão do ar durante a vulcanização
<i>Breaker</i>	Cinta metálica após processo de calandra
Cap-ply	Cinta têxtil
Carretilhas	Mecanismo responsável por fazer a emenda
Cassete	Carro com bobina onde é armazenado o material
CBB	Zona do piso responsável por libertar energia elétrica
Final	Composto final da fase de misturação
<i>Gum edge</i>	Tira de borracha que envolve as extremidades do <i>breaker 1</i> e ou <i>breaker 2</i> , também designada por tira de envolver
<i>Linner</i>	Tecido que define a fronteira entre camadas de material armazenado
<i>Master</i>	Composto inicial da fase de misturação
<i>Paternoster</i>	Armazém em altura, de rolos de tecido metálico, suportados num sistema de correntes
Remil	Composto intermédio da fase de misturação
<i>Rework</i>	Material para ser reutilizado
<i>Scrap</i>	Material destinado à sucata
<i>Slitter</i>	Mecanismo que divide o <i>breaker 0</i> em <i>breaker 1</i> e <i>breaker 2</i>
<i>Wing tip</i>	Zona correspondente às extremidades do perfil do piso

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do número de automóveis vendidos a nível mundial [2].....	6
Figura 2 - Receita dos maiores fabricantes de automóveis a nível mundial (2017) [3].....	6
Figura 3 - Exportações de Componentes para Automóveis por Região [7].....	8
Figura 4 - Componentes do pneu .....	11
Figura 5 - "Mesa" de composto resultante da Misturação [21] .....	13
Figura 6 – Etapa de preparação dos componentes [22].....	14
Figura 7 - Etapa de construção do pneu [23] .....	16
Figura 8 - Pneu no final do processo de vulcanização [24].....	16
Figura 9 - Inspeção final do pneu [25] .....	17
Figura 10 - Etapas do ciclo DMAIC (elaboração própria).....	19
Figura 11 - Principais símbolos utilizados no VSM [41] .....	25
Figura 12 - Passos a seguir na elaboração de um VSM [41] .....	26
Figura 13 - Esquema Metodologia "5 Why" (elaboração própria) .....	27
Figura 14 - Etapas da Metodologia 5S (elaboração própria) .....	28
Figura 15 Exemplo de Diagrama Ishikawa (elaboração própria).....	35
Figura 16 - Diagrama de Pareto.....	36
Figura 17 - Diagrama de forças numa cinta metálica .....	37
Figura 18 - Logotipo Continental AG [81].....	43
Figura 19 - Setores de Negócio da empresa Continental AG [84] .....	44
Figura 20 - Receitas da Continental AG de 1999 a 2017 [85] .....	45
Figura 21 - Receitas da Continental AG por Segmento de 2009 a 2017 [86] .....	45
Figura 22 - Contribuição nas Vendas por Divisão (Continental 2018) .....	45
Figura 23 - Principais clientes da Continental AG.....	46
Figura 24 - Instalações iniciais da Mabor [5] .....	47
Figura 25 - Visão da Continental Mabor (Continental 2018).....	48
Figura 26 - Organigrama da empresa Continental Mabor S.A. (Continental, 2018).....	49

---

Figura 27 - Sistema de produção da CMIP.....	50
Figura 28 - Departamentos envolvidos no processo de fabrico.....	50
Figura 29 - Processo produtivo da Continental Mabor.....	51
Figura 30 - Fluxograma da preparação do <i>breaker</i> .....	54
Figura 31 - Fluxograma de operações do processo de corte.....	54
Figura 32 - Análise VSM do processo de corte.....	56
Figura 33 - Esquema de uma máquina de corte metálico.....	59
Figura 34 - Layout das máquinas de corte metálico.....	61
Figura 35 - Esquema da imperfeição "degrau".....	62
Figura 36 - Diagrama Causa-Efeito.....	64
Figura 37 - Diagrama de Pareto.....	65
Figura 38 - Medição da imperfeição com escala.....	66
Figura 39 - Medição da imperfeição com paquímetro.....	67
Figura 40 - Carta de controlo das Médias.....	69
Figura 41 - Carta de controlo do Desvio Padrão.....	69
Figura 42 - Distribuição da população.....	70
Figura 43 - Resultados DOE.....	73
Figura 44 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MHF15.....	74
Figura 45 - Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MHF14.....	75
Figura 46 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MPS05.....	75
Figura 47 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MPS04.....	75
Figura 48 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MPO01.....	75
Figura 49 - Comparação de adesividade entre início e fim de rolo.....	76
Figura 50 - Mecanismo <i>creel</i> inferior.....	78
Figura 51 - Mecanismo <i>creel</i> superior.....	78
Figura 52 - Esquema do teste <i>tip-rise</i> .....	79
Figura 53 - Esquema do enrolamento na calandra.....	79
Figura 54 - Distribuição da pressão pela largura do rolo.....	79
Figura 55 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 1, <i>creel</i> superior.....	80
Figura 56 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 1, <i>creel</i> superior.....	80

---

---

Figura 57 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 5, <i>creel</i> inferior .....	80
Figura 58 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 5, <i>creel</i> inferior .....	81
Figura 59 - Tensão nas cordas na sala no <i>creel</i> Superior .....	81
Figura 60 - Tensão nas cordas à saída da sala no <i>creel</i> Superior .....	82
Figura 61 - Tensão nas cordas na sala no <i>creel</i> inferior .....	82
Figura 62 - Tensão nas cordas à saída da sala no <i>creel</i> inferior .....	82
Figura 63 - Resultados obtidos com a alteração das pressões .....	84
Figura 64 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 9, <i>creel</i> superior .....	85
Figura 65 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 9, <i>creel</i> superior .....	85
Figura 66 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 12, <i>creel</i> inferior .....	85
Figura 67 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 12, <i>creel</i> inferior .....	86
Figura 68 - Esquema de um <i>creel</i> .....	86
Figura 69 - Valores retirados das medições do alinhamento .....	87
Figura 70 - Resultados obtidos para comparação entre máquinas .....	88
Figura 71 - Esquema representativo dos valores positivos e negativos nas medições do alinhamentos dos <i>conveyors</i> .....	88
Figura 72 - Apresentação em perspetiva do mecanismo do <i>creel</i> superior .....	89
Figura 73 - Esquema das forças a atuarem no mecanismo em estado estacionário .....	92
Figura 74 - Diagrama de corpo livre do braço .....	93
Figura 75 - Configuração da simulação para a peça fixa ao braço .....	94
Figura 76 - Resultado da simulação - Tensão de von Mises, peças de fixação da cinta ao braço .....	94
Figura 77 - Vista em perspetiva da nova alteração .....	97
Figura 78 - Configuração da simulação para a peça de fixação da cinta à mola .....	99
Figura 79 - Resultado da simulação - Tensão de von Mises, peças de fixação da cinta à mola .....	100
Figura 80 - Configuração da simulação para a peça de fixação da mola ao braço .....	101
Figura 81 - Resultado da simulação - Tensão de von Mises, peças de fixação da mola ao braço .....	101
Figura 82 - Esquema lateral da guilhotina .....	104
Figura 83 - Instalação de ar comprimido .....	106
Figura 84 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 1, <i>creel</i> superior .....	129
Figura 85 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 2, <i>creel</i> superior .....	129

---

---

Figura 86 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 3, <i>creel</i> superior.....	129
Figura 87 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 4, <i>creel</i> superior.....	130
Figura 88 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 5, <i>creel</i> inferior .....	130
Figura 89 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 6, <i>creel</i> inferior .....	130
Figura 90 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 7, <i>creel</i> inferior .....	131
Figura 91 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 8, <i>creel</i> inferior .....	131
Figura 92 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 1, <i>creel</i> superior .....	131
Figura 93 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 2, <i>creel</i> superior .....	132
Figura 94 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 3, <i>creel</i> superior .....	132
Figura 95 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 4, <i>creel</i> superior .....	132
Figura 96 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 5, <i>creel</i> inferior .....	133
Figura 97 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 6, <i>creel</i> inferior .....	133
Figura 98 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 7, <i>creel</i> inferior .....	133
Figura 99 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 8, <i>creel</i> inferior .....	134
Figura 100 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 9, <i>creel</i> superior.....	134
Figura 101 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 10, <i>creel</i> superior.....	134
Figura 102 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 11, <i>creel</i> inferior .....	135
Figura 103 - Teste <i>Tip-rise</i> , início, rolo 12, <i>creel</i> inferior .....	135
Figura 104 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 9, <i>creel</i> superior .....	135
Figura 105 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 10, <i>creel</i> superior .....	136
Figura 106 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 11, <i>creel</i> inferior .....	136
Figura 107 - Teste <i>Tip-rise</i> , fim, rolo 12, <i>creel</i> inferior .....	136

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Apresentação dos constituintes do pneu.....	11
Tabela 2 - Defeitos comuns no processo de corte metálico (elaboração própria).....	18
Tabela 3 - Fases e Ferramentas a utilizar na etapa "Definir" [34] .....	20
Tabela 4 - Fases e Ferramentas a utilizar na etapa "Medir" [35] .....	21
Tabela 5 - Fases e ferramentas a utilizar na etapa "Analisar" [35].....	22
Tabela 6 - Fases e ferramentas a utilizar na etapa "Melhorar" [35] .....	23
Tabela 7 - Fases e Ferramentas a utilizar na etapa "Controlar" [35].....	24
Tabela 8 - Perguntas às quais os 4 campos devem considerar [48] .....	27
Tabela 9 - Terminologia Utilizada no Desenho de Experiências.....	30
Tabela 10 - Comparação entre o Desenho Fatorial e o desenho Taguchi [64].....	31
Tabela 11 - Estrutura do Experimento usando Array L8.....	32
Tabela 12 - Fator de carga $\eta$ (fonte: SMC).....	39
Tabela 13 - Condicionantes do processo de corte metálico.....	52
Tabela 14- Características de cada tecido metálico .....	53
Tabela 15 - Quadro Análise SWOT.....	58
Tabela 16 - Caracterização das máquinas de corte.....	60
Tabela 17 - Lista das principais causas na geração da imperfeição.....	66
Tabela 18- Resultados dos testes R&R para a medição com escala .....	67
Tabela 19 - Resultados dos testes R&R para a medição com paquímetro .....	67
Tabela 20 - Carga percentual por estilo e por máquina, da população.....	68
Tabela 21 - Carga percentual por estilo e por máquina, do espaço amostral .....	68
Tabela 22 - Amplitude média por máquina nas amostras da avaliação inicial.....	70
Tabela 23 - Lista de causas a contemplar no desenho de experiências .....	72
Tabela 24 - Níveis para cada fator .....	72
Tabela 25 - Configuração das experiências .....	73
Tabela 26 - Identificação de fatores e níveis .....	73

---

Tabela 27 - Melhor configuração segundo o método de Taguchi .....	74
Tabela 28 - Comparação entre <i>creel</i> inferior e superior .....	77
Tabela 29 - Amplitude máxima por corda e total .....	83
Tabela 30 - Valores de pressão por <i>creel</i> , coluna e amostra .....	83
Tabela 31 - Configuração das pressões .....	84
Tabela 32 - Apresentação dos componentes do mecanismo do <i>creel</i> superior .....	89
Tabela 33 - Comparação entre o mecanismo atual e o mecanismo proposto .....	91
Tabela 34 - Apresentação das alterações a fazer ao <i>creel</i> superior .....	92
Tabela 35 - Características da malha utilizada .....	94
Tabela 36 - Previsão de custo a ter com testes da proposta .....	95
Tabela 37 - Previsão de custos de implementação total .....	96
Tabela 38 - Comparação do desempenho entre mecanismos .....	96
Tabela 39 - Alterações necessárias à melhoria da proposta .....	98
Tabela 40 - Características da malha utilizada na simulação .....	100
Tabela 41 - Características da malha utilizada na simulação .....	101
Tabela 42 - Previsão de custos a ter com testes da nova proposta .....	102
Tabela 43 - Previsão de custos de implementação total da nova proposta .....	103
Tabela 44 - Resultados " <i>peel adhesion</i> " .....	105
Tabela 45 - Lista de equipamentos da rede de ar comprimido .....	107
Tabela 46 - Níveis de severidade .....	107
Tabela 47 - Níveis de deteção .....	108
Tabela 48 - Níveis de ocorrência .....	108
Tabela 49 - Análise de custos .....	109
Tabela 50 - Ponderação sobre os objetivos .....	114

# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivos .....	1
1.3	Organização da dissertação .....	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1	A indústria automóvel.....	5
2.1.1	A indústria automóvel em Portugal .....	6
2.1.2	Particularidades da indústria automóvel .....	8
2.2	Produção de pneus para veículos .....	10
2.2.1	O Pneu .....	10
2.2.2	Componentes do pneu .....	10
2.2.3	Etapas da Produção de Pneus .....	13
2.2.3.1	Misturação .....	13
2.2.3.2	Preparação dos componentes .....	14
2.2.3.3	Construção .....	15
2.2.3.4	Vulcanização .....	16
2.2.3.5	Inspeção Final .....	17
2.2.4	Dificuldades associadas à produção dos pneus.....	17
2.2.5	Defeitos no processo de corte metálico.....	18
2.3	Técnicas de otimização de processos na indústria automóvel .....	19
2.3.1	DMAIC .....	19
2.3.2	Value Stream Mapping.....	24
2.3.3	5 Why .....	26
2.3.4	Análise SWOT .....	27

---

2.3.5	Metodologia 5S .....	28
2.3.6	Desenho de experiências.....	29
2.3.6.1	Princípios utilizadas no desenho de experiências.....	30
2.3.6.2	Metodologia Taguchi .....	31
2.3.6.2.1	Análise de Resultados .....	33
2.3.7	Brainstorming .....	34
2.3.8	Diagrama de causa-efeito.....	35
2.3.9	Diagrama de Pareto.....	36
2.4	Elementos Mecânicos .....	37
2.4.1	Cintas de travão.....	37
2.4.2	Atuadores Pneumáticos Lineares .....	38
3	DESENVOLVIMENTO .....	43
3.1	Caracterização da empresa .....	43
3.1.1	A Continental AG .....	43
3.1.1.1	Áreas de Negócio e Produtos.....	44
3.1.1.2	Clientes .....	46
3.1.2	A Continental em Portugal .....	46
3.1.2.1	A Continental Mabor .....	47
3.1.2.1.1	Política e Visão da Organização .....	48
3.1.2.1.2	Estrutura organizacional da Continental Mabor S.A. ....	49
3.1.2.1.3	Descrição do Sistema Produtivo .....	50
3.1.3	Requisitos do trabalho a desenvolver .....	52
3.2	Caracterização do processo de corte metálico .....	53
3.2.1	Fluxo do processo produtivo .....	53
3.2.2	Análise Value Stream Mapping .....	55
3.2.3	Análise SWOT da operação atual .....	57
3.3	Definição do Problema.....	58
3.3.1	Apresentação das máquinas .....	58

---

3.3.2	Layout de equipamentos.....	61
3.3.3	Apresentação da Imperfeição .....	62
3.3.4	Dificuldades no estudo da imperfeição.....	62
3.3.4.1	Elevada variação do processo .....	62
3.3.4.2	Tolerância .....	62
3.3.4.3	Morfologia do material .....	63
3.3.4.4	Método de medição.....	63
3.4	Identificação das causas.....	63
3.4.1	Brainstorming e Diagrama Causa-Efeito.....	63
3.4.2	Diagrama de Pareto.....	65
3.5	Estudo MSA .....	66
3.5.1	Testes R&R na Medição do degrau .....	66
3.6	Verificação do estado inicial do processo .....	68
3.6.1	Distribuição .....	70
3.7	Método de Taguchi .....	71
3.7.1	Escolha dos fatores a avaliar .....	71
3.7.2	Escolha dos níveis para cada fator .....	72
3.7.3	Escolha da matriz.....	72
3.8	Estudo da Adesividade do Material .....	74
3.8.1	Recolha de dados do histórico de adesividade .....	74
3.8.2	Avaliação da adesividade ao longo do rolo .....	76
3.9	Estudo da Tensão do Material .....	76
3.9.1	Caraterização do creel superior e inferior .....	76
3.9.2	Teste Tip-rise .....	78
3.9.3	Medição da tensão nas cordas.....	81
3.9.4	Teste de alteração da pressão do creel.....	83
3.9.4.1	Testes Tip-rise com pressões alternadas .....	85
3.10	Avaliação do alinhamento das máquinas de corte .....	87

---

---

3.11	Propostas de melhoria do processo.....	88
3.11.1	Alteração do creel Superior .....	88
3.11.1.1	Mecanismo atual .....	88
3.11.1.2	Mecanismo proposto.....	90
3.11.1.3	Dimensionamento .....	92
3.11.1.4	Análise de custos .....	95
3.11.1.5	Resultados e considerações.....	96
3.11.1.6	Alteração da Proposta .....	97
3.11.1.6.1	Dimensionamento .....	98
3.11.1.6.2	Análise de custos .....	102
3.11.2	Aplicação de sistema anti adesividade .....	103
3.11.3	Sistema automático de controlo e manutenção da pressão de ar.....	106
3.12	Construção e Instruções de montagem .....	107
3.13	Análise FMEA.....	107
3.14	Quantificação das melhorias implementadas.....	109
3.15	Análise de custos e <i>payback</i> .....	109
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	113
4.1	CONCLUSÕES.....	113
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	115
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	119
6	ANEXOS .....	127
6.1	Anexo I.....	128
6.1.1	Testes Tip-rise Calandra 1 .....	129
6.1.2	Testes Tip-rise na calandra 1 com tensões alternadas.....	134
6.2	Anexo II.....	137
6.3	Anexo III.....	148

---

---

6.4	Anexo IV .....	151
6.5	Anexo V .....	153
6.6	Anexo VI .....	159



# INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Organização da dissertação



# 1 INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo apresenta o trabalho que se construiu ao longo do projeto de dissertação que tem como título *Estudo dos Mecanismos de Geração do Efeito Degrau na Emendas do Breaker no Processo de Corte Metálico*, começando por aduzir o seu enquadramento. Faz-se em seguida referência aos objetivos determinados no início do estudo e por último exhibe-se a disposição dos principais pontos em que se divide o trabalho.

## 1.1 Enquadramento

A indústria automóvel impõe aos seus intervenientes elevados níveis de produtividade aliada a tolerâncias de fabrico apertadas e prazos de entrega rigorosos com obrigatoriedade de garantia de níveis de qualidade elevados que inevitavelmente impõem uma elevada competitividade entre empresas e que as obriga a permanecer numa busca constante pela melhoria e procura de vantagem em relação aos concorrentes.

Numa indústria e produto que não apresentam previsões em abrandar, o investimento contínuo a ser feito deve ter os olhos postos no futuro. É assim que se vê a Continental Mabor, que até à data investe continuamente em Lousado, onde a empresa disponibiliza agora mais um produto aos seus clientes com aplicações agrícolas. Os pneus para automóveis ligeiros têm também sofrido algumas alterações de forma a melhorar o conforto, diminuir o ruído e aumentar a segurança.

A melhoria contínua, aumento da qualidade e redução da pegada ecológica pela redução da produção de sucata e desperdícios, são preocupações constantes em que a empresa mantém o foco. É neste sentido que o trabalho que se apresenta ganha importância ao se alinhar com a perspetiva e objetivos da empresa.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo é fazer o estudo do mecanismo de geração de degrau nas emendas do *breaker* recolhendo o máximo de informação de forma a aumentar o *know-how* e entendimento sobre a imperfeição e propor soluções com potencial para a reduzir ou eliminar. Ao alcançar este principal objetivo prevê-se também um aumento da estabilidade através da melhoria da capacidade do processo assim como

um aumento da eficiência das máquinas pela eliminação das perdas de tempo que este problema provoca juntamente com a redução da taxa de sucata.

### 1.3 Organização da dissertação

A dissertação que se apresenta encontra-se organizada em seis capítulos. No presente capítulo é exposto o enquadramento teórico do trabalho, bem como os objetivos primordiais que são procurados alcançar com esta investigação. É também apresentada a descrição da estrutura de trabalho da presente dissertação.

O segundo capítulo deste documento engloba uma revisão crítica da literatura existente relativamente à indústria automóvel e qual a sua disposição no panorama português. É citado o pneu como agente principal de todo este processo, descrevendo a sua história, os seus componentes, e as várias etapas e dificuldades na sua produção. São descritas as várias técnicas de otimização de processos na indústria automóvel que se focam nos dois pontos fundamentais para tornar uma organização mais flexível e competitiva no mercado atual: a melhoria contínua dos processos do sistema produtivo e a eliminação total ou parcial dos desperdícios. A análise de processos e os elementos mecânicos que permitem alavancar os dois pontos cruciais, descritos acima, é também apresentada neste momento do documento.

A caracterização da empresa onde o presente trabalho foi desenvolvido e os requisitos necessários para o desenvolvimento deste são apresentados no terceiro capítulo. É neste ponto que é englobado o conceito de negócio, a visão/valores e respetiva cadeia de valor da empresa - "Continental Mabor". Este capítulo que é o mais extenso e por sua vez o mais importante de todo o relatório incorpora toda a análise, diagnóstico e caracterização quer da empresa, quer do seu processo produtivo, identificando e definindo os seus problemas e as respetivas causas. É destinado neste capítulo um espaço para o estudo das características dos materiais e a descrição do método – Taguchi, utilizado como hipótese às dificuldades observadas. Para além da implementação de melhorias, que se acredita colmatar os problemas estudados, é compreendida também a análise que possibilita verificar o efeito que essas mesmas propostas poderão ter no aperfeiçoamento da qualidade e estabilidade do processo de manufatura.

O quarto capítulo, designado de conclusões, apresenta uma interpretação crítica dos resultados obtidos e sugestão de propostas para trabalho futuro. É feito ainda um balanço final de todo o percurso e escolhas tomadas durante o período em que se desenrolou esta dissertação, apresentando por fim uma descrição das dificuldades encontradas na sua realização.

O quinto capítulo é reservado à bibliografia e o sexto corresponde aos anexos que suportam toda a documentação que é descrita ao longo da dissertação.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria automóvel

2.2 Produção de pneus para veículos

2.3 Técnicas de otimização de processos na indústria  
automóvel

2.4 Elementos Mecânicos



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo que se expõe em seguida intenta rever e sistematizar os conceitos que serviram como sustentação teórica à realização desta dissertação. Uma vez que se trata de um projeto que tem como propósito o estudo e melhoria de um processo de fabrico, será realizada uma vasta revisão teórica que começa com uma abordagem ao panorama que inquieta a indústria em questão. Dá-se em seguida a conhecer algumas das ferramentas mais eficientes na resolução de problemas e abordam-se também alguns conceitos mecânicos.

### 2.1 A indústria automóvel

A iniciativa de criar um veículo com capacidade propulsora para transportar passageiros surgiu pela mão de Nicola-Joseph Gugnot por volta de 1769. É neste momento que se dá início ao caminho seguido pela indústria automóvel até aos dias de hoje. As vantagens que este meio proporcionava, nomeadamente o aumento da comodidade e a diminuição dos tempos perdidos em viagens deram início a um grande investimento e desenvolvimento que se fazem sentir até aos dias de hoje.

A cadeia de valor associada a esta indústria encontra-se distribuída mundialmente apresentando elevados níveis de complexidade tanto a nível organizacional como tecnológico. A sua grandiosidade arrasta consigo diversos setores e obrigando-os consequentemente a acompanhar o ritmo de evolução [1].

A força desta atividade deixa a sua marca pelo impacto que tem na economia global através da dependência que provoca em vários setores como foi anteriormente referido. Na Figura 1, onde se apresenta o número de automóveis vendidos mundialmente, é possível ver o crescimento da indústria. Importa referir que o crescimento tem vindo a ser cada vez menor e que os dados representam o panorama global, não sendo obrigatório que todas as regiões económicas sigam a mesma tendência, no entanto o desenvolvimento não deixa de ser notável. Durante a década de 90 o mercado apenas conseguia absorver 39,2 milhões de unidades enquanto que as previsões para o presente ano são de que as vendas atinjam os 81,5 milhões [2].

O grande desenvolvimento e crescimento da indústria automóvel implicam um esforço ainda maior na produção de componentes muito devido ao significativo aumento de modelos e versões disponibilizadas ao cliente [2].

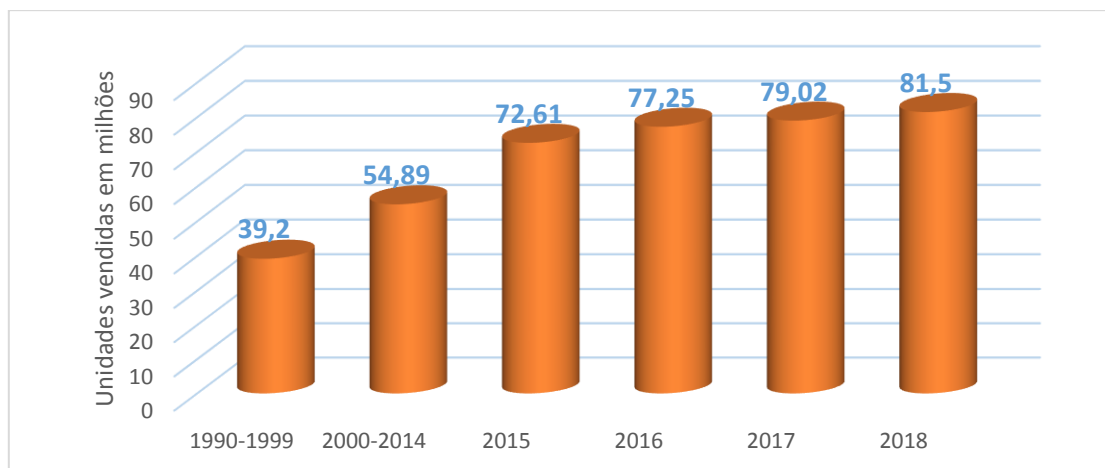


Figura 1 - Evolução do número de automóveis vendidos a nível mundial [2]

Relativamente aos maiores construtores no que diz respeito à produção automóvel, apresenta-se na Figura 2 o total de receitas para o ano de 2017, onde os três primeiros lugares são ocupados pela Toyota Motor, Volkswagen e Daimler [3].

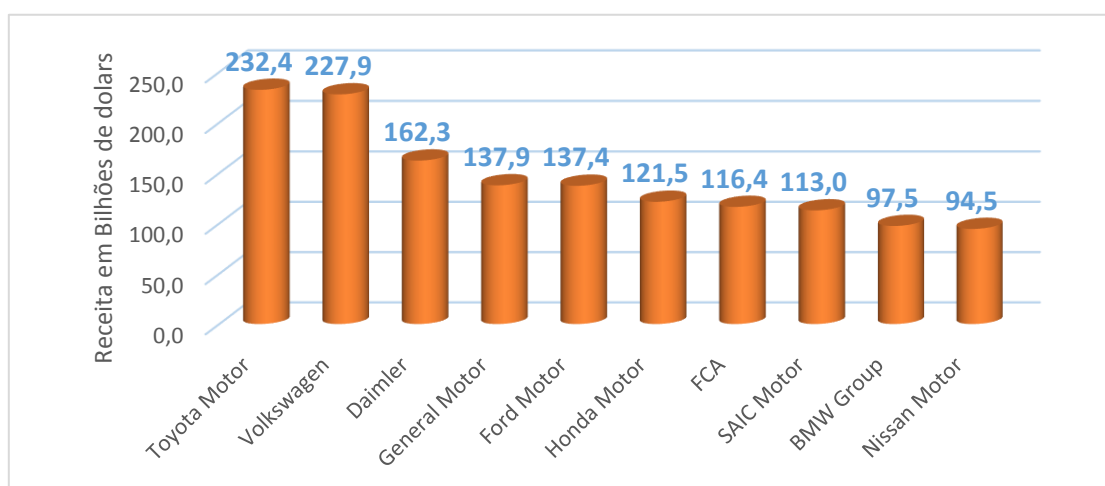


Figura 2 - Receita dos maiores fabricantes de automóveis a nível mundial (2017) [3]

### 2.1.1 A indústria automóvel em Portugal

Foi no final do século XIX que se deram os primeiros passos na indústria automóvel portuguesa. A falta de conhecimento aliada às políticas da altura fez com que os bons resultados não aparecessem e foi necessário quase mais um século para que o ramo começasse a dar os primeiros frutos na produção de componentes. A indústria começou por aproveitar as oportunidades dos construtores estrangeiros iniciando com carroçamento de viaturas, que na altura era feito à posteriori.

A primeira tentativa de lançar em produção um automóvel português é atribuída a Eduardo Ferreirinha que, em conjunto com Manuel de Oliveira, estiveram na génese do EDFOR. No final da década de 50 foi criada a FAP – Fábrica de Automóveis

Portugueses, mas a falta de *Know-how* e o fraco nível industrial ditou o insucesso do projeto. A tão necessária evolução da indústria era travada pela visão dos políticos da altura que dificultavam a implantação de empresas estrangeiras, que só começou a surgir com o aumento de impostos a veículos cujos construtores não efetuassem a montagem de pelo menos um componente em solo português.

Por volta de 1965 António Champalimaud apresentou um projeto complexo de *upgrade* da Siderurgia Nacional, que permitiria um aumento das valências da indústria automóvel, nomeadamente na produção de chapa, mas as autoridades portuguesas acabaram por invalidar o projeto.

Existiram várias marcas a investir em Portugal nomeadamente a Ford que marca presença em Portugal desde 1908, conseguindo ultrapassar a II Guerra Mundial. Iniciou a montagem de unidades em 1963 e em 1964 a fábrica de montagem foi inaugurada por Henry Ford.

A União Metalomecânica, UMM, nasceu em 1977 e tinha a seu cargo a construção e montagem, laborou durante aproximadamente 15 anos. Durante a sua atividade lançou para o mercado cerca de 25000 viaturas.

A Autoeuropa instalou-se em Portugal em 1991 e resultou de uma *joint-venture* entre a Volkswagen e a Ford. Representa, ainda hoje o maior investimento estrangeiro feito em Portugal. A qualificação de mão de obra, o volume de negócios envolvido, o aumento de conhecimento e experiência do sector automóvel, assim como a criação de indústria que se desenvolveu ao redor da empresa aliada a elevados níveis de qualidade impostos pelo grupo Volkswagen representam um elevado peso no desenvolvimento tecnológico e económico do país.

A Bosch iniciou a sua atividade em Braga em 1990 e dedica-se à tecnologia multimédia automóvel. A procura constante de novas soluções, a busca por novas tecnologias e a aposta na inovação através de parcerias com entidades de ensino ditam o seu posicionamento na vanguarda da tecnologia automóvel. O vasto leque de produtos disponibilizados pela marca, a sua complexidade e a qualidade que apresentam, fazem com que a marca seja reconhecida internacionalmente pelas melhores razões. Está dentro da lista dos maiores exportadores nacionais e apresenta valores de exportação que excedem os 90 por cento.

A Continental Mabor aparece em Portugal em 1989 fruto de uma *joint-venture* entre a Continental AG e a Mabor. A empresa fabrica pneus e encontra-se entre as marcas de topo no que diz respeito à qualidade e performance. Exporta cerca de 97 por cento da sua produção e maior quota de mercado é a Europa. É uma das grandes empresas do setor automóvel em Portugal, emprega perto de 2000 colaboradores e em 2015 exportou para 65 países. A orientação da empresa mostra a forma como encara o futuro sem medos, promovendo uma evolução constante com o objetivo de

permanecer uma empresa líder mundial. Em 2017 foi premiada com a distinção de “Fabricante de Pneus do Ano” pela revista *“Tire Technology”*, que vem valorizar o conjunto de ações tomadas nos últimos tempos e que se salienta o investimento feito em Lousado no centro de pesquisa e desenvolvimento para pneus agrícolas.

A Faurecia está presente em Portugal desde 1951 e emprega cerca de 4 mil colaboradores nas suas 6 fábricas presentes no país. Tal como as empresas referidas anteriormente, também tem um elevado nível de exportações superando os 90 por cento. A empresa é produtora de assentos automóveis e tecnologias de controlo de emissões e fornece os mais conceituados fabricantes automóveis. A faturação em 2015 ascendeu a 967 milhões, o que representa 4,7% das vendas do grupo. Relativamente às exportações, o mercado Europeu é o que representa a maior cota, seguindo-se da América do Norte, Ásia e América do Sul [4]–[6].

Atualmente o setor automóvel é essencial para Portugal, representando aproximadamente 6% do produto interno bruto. Em janeiro de 2018 as exportações de componentes automóveis atingiram os 700 milhões de euro, que representa um aumento de 11% face a 2017 e 80% em relação a 2010 [7].

Em termos de bens transacionáveis, os componentes automóveis representam cerca de 15% das exportações portuguesas. Pela Figura 3 vê-se a grande importância do mercado Europeu ao absorver cerca de 91% das exportações, sendo que a maior cota é destinada à Alemanha [7], [8].

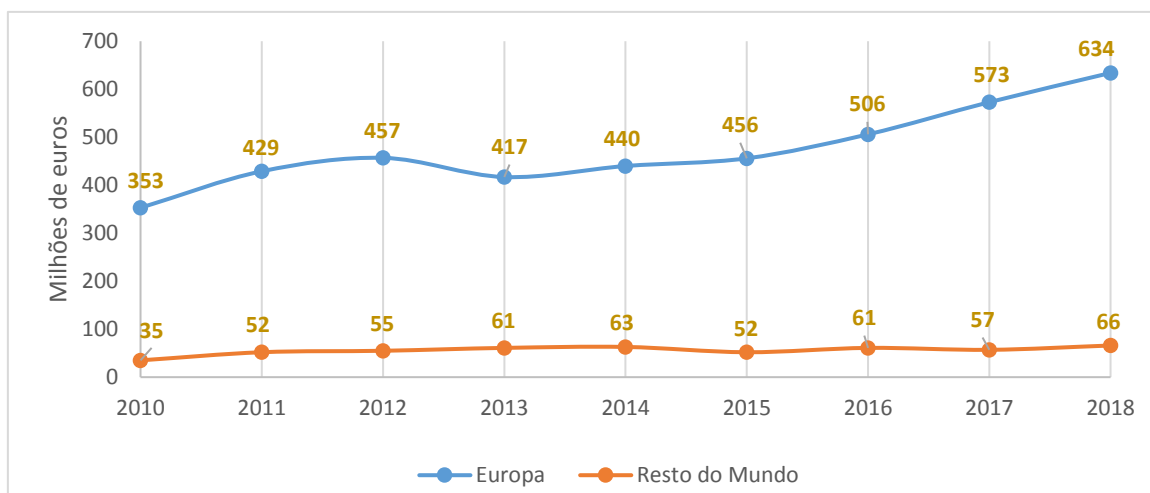


Figura 3 - Exportações de Componentes para Automóveis por Região [7]

### 2.1.2 Particularidades da indústria automóvel

É numa busca constante e interminável que os participantes da indústria automóvel procuram satisfazer as vontades dos seus clientes, impulsionando o setor para estados mais elevados de desenvolvimento e tecnologia, que tornam esta indústria cada vez mais global. A adaptação às mudanças que são impostas cria no setor disposição

natural para definir novas tendências e estar sempre um passo à frente. A dimensão assombrosa da indústria automóvel faz com que esta tenha bastante impacto nas mais variadas áreas, desde a económica à ambiental.

O sucesso de um produto no mercado global pode ser alcançado apenas pelo preenchimento dos requisitos do cliente. No entanto, no que se refere aos segmentos de luxo da indústria automóvel este fator pode torna-se mais desafiante devido à luta constante na redução dos custos e tempos de ciclo do produto. É desta forma que o sucesso de um automóvel de gama *premium* é definido tanto pela qualidade de fabrico como pela perceção de qualidade por parte do cliente [9]. O conceito de “perceção de qualidade” por parte do cliente está associado à parte emocional e é influenciado pelo design do produto [10]. Apesar de ser um conceito um pouco confuso deve ser tido em consideração.

A saúde do planeta é um assunto cada vez mais discutido e mais preocupante. Todos os anos a humanidade atinge a quantidade de recursos que a Terra consegue regenerar para o mesmo período e é necessário recuar até 1970 para que este valor não seja atingido [11]. A grandiosidade da indústria e da sua pegada ecológica assim como o impacto que a utilização dos produtos aqui fabricados tem no ambiente são pontos com cada vez mais importância. Desta forma o desenvolvimento de uma indústria mais verde em conjunto com a produção de veículos com uma utilização mais amiga do ambiente são pontos que têm ganho cada vez mais consideração.

No seguimento do falado no parágrafo anterior, surgem os veículos elétricos que têm ganho cada vez mais mercado. A sua utilização é sem dúvida menos prejudicial para o ambiente e são muitas as políticas tomadas pelos governos de forma a incentivar o seu uso em detrimento dos veículos movidos por combustíveis fósseis. Um estudo feito na Noruega revela, no entanto que a utilização de veículos elétricos está associada a indivíduos com mais rendimentos e com maior nível de educação [12]. O fato de ser uma tecnologia relativamente recente faz com que os preços praticados sejam mais elevados em comparação com os veículos convencionais. O outro ponto referido revela também a importância de sensibilizar as pessoas da importância de termos uma utilização responsável dos recursos.

A utilização de carros elétricos ainda não se revela economicamente benéfica comparativamente com os carros convencionais, no entanto os resultados obtidos até agora tendo em conta o nível de maturidade da tecnologia são bons indicativos de que esta possa ser a tecnologia do futuro [13], [14]. É, portanto, do interesse da indústria automóvel, especialmente do fabrico de componentes uma adaptação às necessidades do mercado assim como ao surgimento de novas oportunidades de negócio.

Um outro ponto que tem ganho destaque nos últimos tempos é a condução autónoma. Este tipo de mobilidade poderá trazer algumas vantagens como a despreocupação com a viagem, um melhor aproveitamento do tempo e por até

permitir conduzir sob o efeito de álcool ou medicação no entanto a sua utilização não é vista por todos como uma boa opção [15]. Por outro lado a legislação quanto a este assunto e a forma como a responsabilidade sobre o veículo é imputada são assuntos com grande discussão e pouco consenso que de certa forma restringem o desenvolvimento desta área automóvel [16].

No seguimento do despertar de novas tecnologias e em conjunto com o desenvolvimento industrial, não só da indústria automóvel, surge a necessidade de as empresas garantirem maior controlo e gestão do seu processo produtivo e assim se começa a caminhar para a implementação da indústria 4.0. O termo refere-se ao que é chamado de quarta revolução industrial, que surge com a intenção de converter as máquinas atuais em máquinas auto conscientes e auto didatas, se assim se pode chamar, de forma a melhorar o seu desempenho e gestão da manutenção através da comunicação e partilha de informação entre elas [17]. A monitorização de dados, identificação do estado e localização do produto assim como controlo e ajuste do processo em tempo real são objetivos da implementação da indústria 4.0 [18].

## 2.2 Produção de pneus para veículos

Constituindo o principal meio que assegura a troca de forças entre o solo e o veículo, os pneus representam um componente muito importante no que diz respeito à segurança e conforto. Assumem assim um papel essencial no controlo de uma condução. Ao longo deste subtópico será descrito o pneu como agente principal, apresentando-se os seus componentes respetivas etapas e dificuldades de produção.

### 2.2.1 O Pneu

A invenção foi feita por John Boyd Dunlop por volta de 1888, no entanto o conceito já teria sido patenteado por outro escocês, Robert Thomson em 1846. O pneu é o componente do veículo que assegura o contacto ao solo nas mais diversas condições e para desempenhar a sua função necessita de uma grande variedade de componentes que em conjunto lhe dão as características desejadas. São utilizados pela maioria dos veículos e podem ser sólidos ou pneumáticos. Atualmente são fabricados com 30 tipos de borracha sintética, 8 tipos de borracha natural, 8 tipos de fumo negro, fio de aço, polyester, nylon, sílica e 40 diferentes tipos de químicos, ceras, óleos e pigmentos [19], [20].

### 2.2.2 Componentes do pneu

Apesar da sua aparência uniforme, a construção de um pneu implica a utilização de vários componentes e materiais como se vê pela Figura 4. Na Tabela 1 apresentam-se

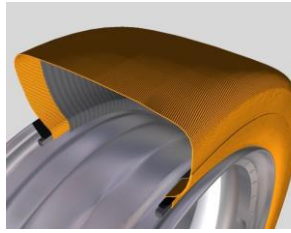
as partes que o constituem, assim como uma breve descrição da sua importância e função.



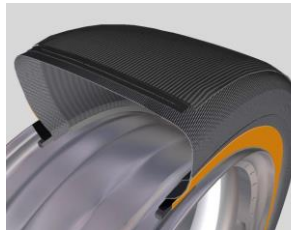
Figura 4 - Componentes do pneu

Tabela 1 – Apresentação dos constituintes do pneu

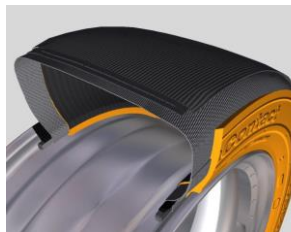
Componente	Ilustração	Descrição e Função
<b>Núcleo do talão</b>		O núcleo do talão é constituído por várias camadas de arame monofilamentar de aço envolvido em borracha de modo a formar um aro. Esta estrutura confere ao pneu um ajuste seguro à jante garantindo que este não se desloca com as manobras do carro.
<b>Cunha</b>		Este componente envolve núcleo e proporciona a transição progressiva de forma e características entre a parte que agarra a jante e a parede flexível lateral. É influenciador da precisão na mudança de direção, conforto e estabilidade.
<b>Innerliner ou Camada Interna</b>		A camada interna é o componente responsável pela estanquicidade do pneu e veio substituir a antiga câmara de ar. Permite intervalos de manutenção mais longos e ajuda a suportar as tensões de corte aplicadas nas paredes laterais. Influencia a durabilidade e é associado a problemas de ruído e vibração.

**Tecido Têxtil**

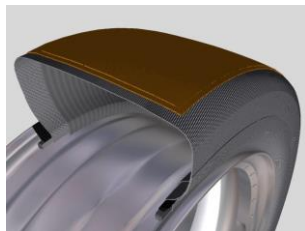
O tecido têxtil consiste em fibras de rayon ou poliéster, envolvidas em borracha. Este componente aumenta a robustez do pneu e ajuda a resistir à pressão.

**Reforço**

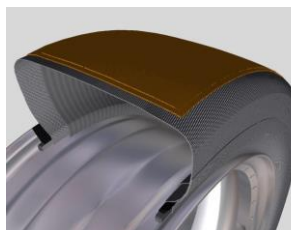
Corresponde a fibras de aço, Rayon, Nylon ou PET, envolvidas em borracha de modo a formar uma tira que reforça a parte do talão permitindo aumentar a durabilidade a alta velocidade.

**Parede lateral**

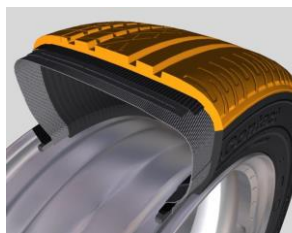
As paredes laterais proporcionam proteção à carcaça contra carregamentos mecânicos e condições ambientais. Cobre a parte mais fina no pneu, onde ocorre a maior flexão. Apresenta uma elevada resistência à fratura, especialmente nas zonas onde são feitas as marcas de identificação.

**Breaker**

É produzido através da impregnação de borracha em arames de aço cobreados. Cada pneu é composto por pelo menos dois *breaker*, que são sobrepostos em direções opostas de modo a formar uma estrutura cruzada. Estes componentes formam uma estrutura rígida que impede o crescimento do pneu quando insuflado e em altas velocidades. Permitem também um contacto mais controlado com a estrada assim como têm um papel importante no desgaste, manuseamento, estabilidade e durabilidade do pneu.

**Cap ply**

Corresponde a cordas de *Nylon*, *Hybrid* ou Poliéster embebidas numa camada de borracha formando tiras que são colocadas em torno da circunferência do pneu. Esta camada é importante em termos de segurança, não permitindo que o pneu expanda quando a rodar a altas velocidades, proporciona redução da fricção e aquecimento.

**Piso**

É a camada mais externa do pneu. O composto é responsável por proporcionar tração e aderência em curva, resistir ao desgaste, abrasão, aquecimento e proporcionar condutividade elétrica. Por outro lado, o padrão do piso é influenciador do comportamento em piso molhado, barulho e facilidade de manuseamento.

### 2.2.3 Etapas da Produção de Pneus

#### 2.2.3.1 Misturação

A misturação é a primeira etapa do processo de produção de pneus. É nesta fase onde se fabricam as “mesas”, Figura 5, que vão abastecer o cliente seguinte, a preparação. Após a receção e aprovação das matérias primas, inicia-se o processo de fabrico começando pela pesagem e misturação dos ingredientes de modo a obter o primeiro produto interno que é designado por “master”. Após feita a pesagem, os materiais são aquecidos e envolvidos de forma a criar uma pasta que depois de ser arrefecida e armazenada em paletes metálicas é designada por “mesa”. As “mesas” de composto entram varias vezes nos misturadores, umas vezes para se obter um composto mais homogéneo, que passa a ser designado por “remil”, outras vezes para se acrescentar ingredientes ao composto. A última fase deste processo disponibiliza o material que é designado por composto “final”. Como já foi referido, este processo inicia com o aquecimento e misturação dos ingredientes. Antes de ser armazenado o material é molhado por um banho que evita a adesão entre camadas. A secagem do material é feita fazendo-o passar por uma cabine de ar ventilado, onde à saída é feito o armazenamento nas já referidas “mesas”.



Figura 5 - "Mesa" de composto resultante da Misturação [21]

### 2.2.3.2 Preparação dos componentes

O pneu é constituído por diferentes componentes, no entanto todos apresentam processos em comum na etapa de preparação. O composto que é recebido da misturação é aquecido, homogeneizado, podendo, ou não impregnar outro material, como é o caso da aramida, *nylon*, *rayon* ou aço e em seguida é-lhe dada a forma final (Figura 6).



Figura 6 – Etapa de preparação dos componentes [22]

No caso da camada interna, também designada por *inner liner*, que é o componente responsável por dar estanquicidade ao pneu, o material é aquecido, homogeneizado e em seguida passa entre rolos que lhe dão a forma desejada. Posteriormente o material é arrefecido e enrolado em cassetes para ser armazenado. À medida que se enrola o material, a bobine com o *linner* vai desenrolando e envolve o material criando uma fonteira entre cada camada.

Os talões são constituídos por núcleo e cunha. O núcleo é feito nas máquinas construtoras de talões (CT). O material entra na tremonha é aquecido, homogeneizado e em seguida passa por uma fieira onde vai impregnar arame de aço. Após a saída da fieira, o material é enrolado em determinada jante com um número especificado de voltas. A cunha é feita nas máquinas Apex de forma análoga, o material entra na tremonha, é aquecido, homogeneizado, passa na fieira que lhe confere a forma, é arrefecido e em seguida é cortado com o perímetro necessário para a jante a fabricar. O material cortado é enrolado e unido ao núcleo que foi previamente fabricado nas CT e que agora é utilizado nas máquinas Apex de forma a produzir o talão.

O tecido metálico passa por dois processos, em primeiro lugar é calandrado e em seguida é feito o corte. No processo de calandra o composto entra na tremonha, passa pelo primeiro moinho e segundo moinho. No primeiro moinho é feita a misturação do composto e no segundo é feita a refinação. No passo seguinte o composto envolve a corda metálica, ao mesmo tempo que é feito passar por entre rolos que definem a

espessura do tecido. Posteriormente é aplicado o *bleeder*, que corresponde a uma linha de algodão que permite a expulsão de ar e humidade no momento de vulcanização assim como a identificação do material durante o processo. O material vai percorrendo a máquina de forma a arrefecer e poder ser enrolado em caneleiras que armazenam aproximadamente 450 metros de material com sensivelmente 1,5 metros de largura. Após a calandra segue-se o processo de corte que é realizado nas máquinas “Fischer”. Neste processo o rolo vindo da calandra é cortado com ângulo e largura determinados, e em seguida é feita a emenda. Após a emenda o material é designado por *breaker 0*, que depois é dividido em dois, formando um par, ficando a designar-se por *breaker 1* e *breaker 2*. Cada *breaker* é enrolado em cassetes.

O tecido têxtil é produzido de forma idêntica, no entanto, neste caso o material envolvido pela borracha é *rayon* e poliéster. É calandrado na mesma máquina enquanto que o corte é feito numa máquina diferente. Na etapa de corte, regra geral o tecido têxtil é cortado sem ângulo.

O *cap-ply* pode ser composto por *nylon*, poliéster ou *hybrid* juntamente com borracha. O processo inicia com a entrada de composto na máquina pela tremonha. É aquecido e a extrusora encarrega-se de o fazer passar pela fieira onde vai envolver a corda que vai sendo desenrolada em continuo. É um processo idêntico à calandra, mas numa escala menor, onde as tiras de material produzidas têm uma largura de aproximadamente 1 cm e constituem-se por sensivelmente 8 cordas. Após passar na fieira, que lhe dá forma e dimensões desejadas, o material é enrolado em bobines.

O piso é composto por vários materiais, resultado da necessidade de obter diferentes comportamentos ao longo da sua geometria, que é dividida em *capa*, *wing tip*, base e CBB. Por esta razão as máquinas onde se fazem pisos são compostas por várias extrusoras que recebem os diferentes materiais e os encaminham até à fieira que vai dar forma ao piso. Após sair da fieira o material é arrefecido em água e vai percorrendo a máquina passando por um sistema de controlo de especificações e mais tarde pelo corte que garante o comprimento adequado ao perímetro da jante.

As paredes do pneu seguem um procedimento idêntico ao dos pisos. Normalmente são constituídas por dois tipos de borracha, mas podem conter mais um. Mais uma vez o material entra pela tremonha, é aquecido, homogeneizado e em seguida é empurrado pelo parafuso da extrusora fazendo-o passar pela fieira. Após passar pela fieira o material percorre um longo percurso no qual é arrefecido antes de ser enrolado em cassetes.

### 2.2.3.3 Construção

Esta é a etapa onde se faz a montagem dos componentes. Este processo acontece em módulos de duas máquinas. Numa máquina é feita a carcaça que é constituída pela camada estanque, tela e talões e em seguida é encaminhada para a outra máquina

onde já foi feita a preparação dos materiais que vão envolver a carcaça. A colocação dos materiais começa com o *breaker* um e dois. Por cima dos *breakers* é colocado o *cap ply* e em último lugar é colocado o piso. Este conjunto de componentes corresponde à parte exterior do pneu enquanto a carcaça corresponde à parte mais interior. A junção destas duas partes forma o pneu em verde (Figura 7).

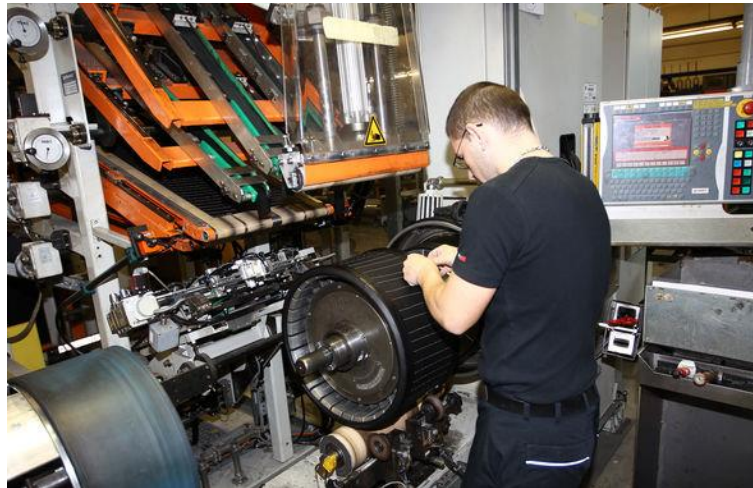


Figura 7 - Etapa de construção do pneu [23]

#### 2.2.3.4 Vulcanização

Na vulcanização o pneu em verde é colocado dentro de um molde onde é submetido a um estágio de temperatura, tempo e pressão que são cumpridos conforme o especificado. É nesta fase que o pneu endurece e ganha a forma final. Com a ajuda da temperatura e da pressão instaladas no interior do molde as diversas camadas vão-se difundindo parcialmente e o ar e humidade vão sendo expelidos formando um material uniforme. À medida que o material é submetido a pressão a borracha é empurrada contra as paredes do molde que conferem a forma final do pneu (Figura 8).



Figura 8 - Pneu no final do processo de vulcanização [24]

### 2.2.3.5 Inspeção Final

O pneu é um elemento com elevada responsabilidade durante o desempenho da sua função e como tal todos eles são inspecionados. A inspeção final tem como propósito assegurar que todos os pneus garantem segurança suficiente. Nesta fase são realizadas verificações visuais, retocagem e testes que determinam o bom desempenho do pneu, para que possa a ser aprovado (Figura 9).



Figura 9 - Inspeção final do pneu [25]

### 2.2.4 Dificuldades associadas à produção dos pneus

A produção de pneus oferece uma vasta gama de soluções ao cliente final, que na altura da sua produção se multiplicam em dezenas de componentes com várias referências e conseqüentemente diversas ferramentas que suportem a sua produção. Numa indústria em que se fabricam milhares de pneus diariamente a recolha de dados e a rastreabilidade de materiais torna-se uma tarefa difícil. No fabrico de uma medida específica é necessário que se reúnam componentes e ferramentas adequadas para que se cumpram as especificações. A implementação de sistemas de identificação RFID tem sido uma tecnologia adotada pelas empresas que se prevê ser implementada a ferramentas e materiais de forma a reduzir falhas na produção e número de pneus rejeitados proporcionando um maior avanço no desenvolvimento e implementação da indústria 4.0 [26].

Uma das principais matérias primas utilizadas na indústria dos pneus é a borracha natural, que tem origem vegetal. É criada por processos enzimáticos nas plantas, que na maioria da borracha utilizada na indústria corresponde à espécie *Hevea Brasiliensis* e pertence à família *Euphorbiacea*. A borracha natural é um bio polímero habitualmente utilizado na indústria e de difícil substituição devido à dificuldade que se tem em encontrar uma solução sintética equivalente. Possui excelentes propriedades como elevada elasticidade, resiliência, resistência à abrasão e boa







dispersão de calor. É utilizada em mais de 40000 produtos e apesar das grande quantidades produzidas, prevê-se que o consumo aumente.[27], [28]. Um processo que utiliza um produto natural estará sujeito a alterações que a natureza e localização tenham definido e é justo assumir à partida variações nas características da matéria prima que irão criar entropia no processo.

A responsabilidade e pressões a que os trabalhadores estão sujeitos pode também ser considerada uma dificuldade. As alterações na indústria de pneus são constantes e ao mesmo tempo pedem-se elevados índices de produtividade, qualidade e eficiência, redução da taxa de sucata e aumento da ecologia do processo. A acrescentar a isto o aumento de segmentos de viaturas que se tem observado nos últimos tempos tem feito aumentar também a diversidade de pneus existente crescendo cada vez mais a complexidade da indústria e tornando-a de difícil gestão [29].

### 2.2.5 Defeitos no processo de corte metálico

Existe na produção de pneus uma grande quantidade de possíveis defeitos que podem ocorrer. Por este motivo apresentam-se na Tabela 2 os defeitos relacionados apenas com o processo de corte.

Tabela 2 - Defeitos comuns no processo de corte metálico (elaboração própria)

Defeito	Descrição	Imagem
<b>Extremos</b>	Borracha em excesso nos extremos do rolo, onde não existem cordas	
<b>Degrau</b>	Descentramento na junção dos topos dos 2 cortes	
<b>Sobreposição</b>	Acontece quando um corte se sobrepõe ao outro.	
<b>Emenda aberta</b>	Ocorre quando a ligação entre cortes não possui força suficiente para manter a emenda.	
<b>Ruga</b>	Ocorre durante o enrolamento do rolo, quando o tecido não fica completamente esticado na sua largura.	
<b>Excesso de pressão nas carretilhas</b>	Emenda bastante marcada e deformada, podendo apresentar sobreposição de cordas.	

## 2.3 Técnicas de otimização de processos na indústria automóvel

De forma a dar resposta às exigências do mercado atual pautado pela exigência e competitividade, as empresas têm tentado adaptar-se a esta realidade procurando aplicar metodologias e ferramentas que permitam dar resposta a estes desafios [30]. Este capítulo faz referência a algumas dessas técnicas que são descritas seguidamente.

### 2.3.1 DMAIC

A metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), pode ser definida como um ciclo de desenvolvimento de melhoria incorporado no método Seis Sigma [31]. Este ciclo segue um conjunto ordenado de etapas, tal como um sistema, que ao definir um grupo de trabalho e, ao se avançar para a solução do problema, as várias ferramentas e técnicas utilizadas vão-se complementando e dessa interligação vão surgindo informações importantes.

O ciclo DMAIC é dividido em cinco etapas em cada uma delas está representada por uma letra do seu acrónimo [32] (Figura 10).

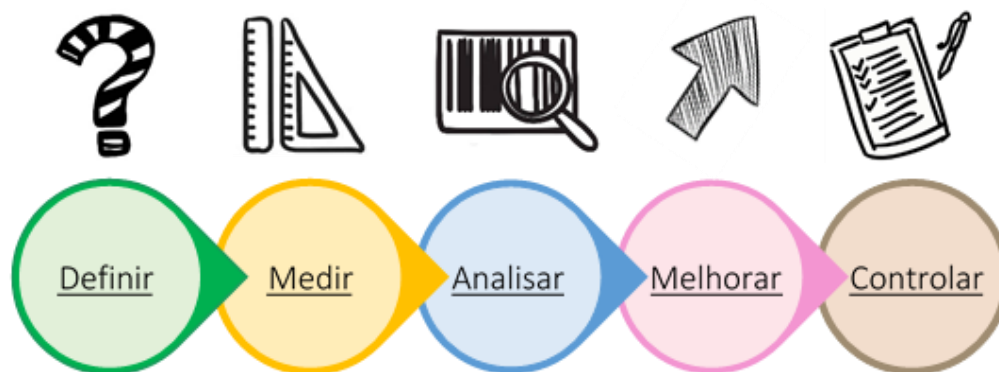


Figura 10 - Etapas do ciclo DMAIC (elaboração própria)

#### **D – Definir (*Define*) o problema.**

Nesta primeira etapa é necessário definir com precisão o objetivo e as metas do projeto de forma a que seja possível desenvolver, nas fases seguintes, soluções para a resolução do problema encontrado.

Para isso, a equipa de trabalho deve procurar responder claramente as seguintes questões fundamentais [33]:

- Qual é o problema, resultado indesejado, a ser abordado no projeto?
- Por que é que se trabalha nesse problema em particular?
- Quem é o cliente e quais são os seus requisitos?
- Como é que se realiza o trabalho atualmente?

- Qual é a meta a ser atingida?
- Quais são os benefícios de realizar uma melhoria?
- Qual é o impacto económico do projeto?

Uma das ferramentas auxiliares na organização do trabalho é a criação de um *Project Charter* que pode ser traduzido como um mapa das principais atividades que estão envolvidas no projeto [34].

O *Project Charter* é um documento de registo que representa um acordo entre a equipa responsável pela condução do projeto e os gestores da empresa e onde se apresenta, de forma clara, o que é esperado pela equipa, o alinhamento entre a equipa e os objetivos prioritários da empresa, as informações relativas à descrição do problema, a definição da(s) meta(s) a atingir, a avaliação histórica do problema, a estrutura da equipa de trabalho assim como um cronograma preliminar do projeto [34].

Seguidamente, são apresentados na Tabela 3 os passos que devem ser seguidos e as ferramentas que podem ser usadas para esta primeira etapa.

Tabela 3 - Fases e Ferramentas a utilizar na etapa "Definir" [34]

Definir	
Fases da etapa	Ferramentas utilizadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir os problemas, as metas de resolução e os benefícios;</li> <li>• Definir clientes e requisitos (CTQs);</li> <li>• Definir a equipa de trabalho e distribuir funções;</li> <li>• Definir recursos;</li> <li>• Avaliar o suporte organizacional principal;</li> <li>• Desenvolver o plano do projeto;</li> <li>• Desenvolver mapa de processo (Project Charter).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa do Projeto (<i>Project Charter</i>);</li> <li>• Fluxograma do processo;</li> <li>• Organigrama do projeto;</li> <li>• Diagrama SIPOC (<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>);</li> <li>• Análise das partes interessadas;</li> <li>• Estrutura de divisão de trabalho DMAIC;</li> <li>• Definições de CTQ;</li> <li>• Voz da reunião do cliente (VOC).</li> </ul>

### M – Medir - (*Measure*) o problema

Na segunda fase do ciclo DMAIC é necessário determinar a localização ou origem do problema e recolher dados-chave para avaliar e quantificar o mesmo. Esta é uma informação crítica para aperfeiçoar e completar a elaboração do plano de melhoria [33]. Para isso é necessário procurar perceber como o processo se executa no momento e qual a magnitude do problema.

Em seguida, é apresentada na Tabela 4 uma síntese das fases e ferramentas usadas para a implementação bem-sucedida desta etapa [35].

Tabela 4 - Fases e Ferramentas a utilizar na etapa "Medir" [35]

Medir	
Fases da etapa	Ferramentas utilizadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar como o processo se define atualmente;</li> <li>• Criar um plano para recolher os dados;</li> <li>• Garantir que os dados sejam confiáveis;</li> <li>• Reunir os dados da linha de base;</li> <li>• Atualizar o Mapa do projecto (<i>Project Charter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleção de dados;</li> <li>• Planear Definições Operacionais;</li> <li>• Folha de verificação;</li> <li>• Mapa do Projeto (<i>Project Charter</i>);</li> <li>• Diagrama de Pareto;</li> <li>• Gráfico sequencial;</li> <li>• Mapa de controlo;</li> <li>• Histograma;</li> <li>• Boxplot;</li> <li>• Índice de capacidade;</li> <li>• KPI;</li> </ul>

#### A– Analisar (*Analyse*) o problema.

A terceira etapa permite determinar a causa-raiz para o problema encontrado.

Muitas vezes, as fases de análise não recebem a atenção devida e, sem este estudo, as equipas tendem a saltar para a etapa de resolução sem antes perceberem a verdadeira causa do problema. São implementadas soluções que não resolvem o problema acabando por desperdiçar tempo, consumir recursos, criar mais variações e frequentemente causar novos problemas. O ideal é que as equipas debatam sobre possíveis causas-raiz (não soluções), desenvolvam hipóteses sobre o motivo da existência de problemas e depois trabalhem para provar ou refutar essas hipóteses “eliminando-as e focando-se no que é realmente importante para o cliente” [36].

A verificação inclui a análise do processo e dos dados e deve ser concluída antes da implementação de soluções. Este é o ponto crucial da fase de análise.

Resumidamente, apresentam-se na Tabela 5 as fases desta etapa e as ferramentas que podem ser usadas na mesma [35].

Tabela 5 - Fases e ferramentas a utilizar na etapa "Analisar" [35]

Analisar	
Fases da etapa	Ferramentas utilizadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinar atentamente o processo;</li> <li>• Exibir graficamente os dados;</li> <li>• Procurar o que pode estar causando o problema;</li> <li>• Verificar a(s) causa(s) do problema;</li> <li>• Atualizar o Mapa do projeto (<i>Project Charter</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise do Sistema de Medição;</li> <li>• Diagramas de Dispersão;</li> <li>• Mapa do Fluxo de Valor;</li> <li>• Diagramas de Pareto;</li> <li>• Hipótese da Causa Raiz;</li> <li>• Fluxograma;</li> <li>• Análise do tempo de ciclo;</li> <li>• Análise de Modos de Falhas e Efeitos (AMFE);</li> <li>• Histograma;</li> <li>• <i>Boxplot</i>;</li> <li>• Diagrama de <i>Ishikawa</i>;</li> <li>• Diagrama de prioridades;</li> <li>• Mapa de controlo;</li> <li>• Análise de regressão;</li> <li>• Testes de hipóteses;</li> <li>• Análise de variância;</li> <li>• Desenho de Experiências.</li> </ul>

### I – Implementar (*Improve*) Melhorias

Depois de se determinarem as causas, na etapa anterior, é hora de desenvolver soluções para eliminar o que foi detetado [34].

Nesta etapa, a participação de todos os envolvidos no processo é fundamental, assim como a sua capacidade criativa. A fase de melhoria é onde a equipa faz um debate de soluções, processa alterações, implementa soluções e, por último, recolhe dados para confirmar que há melhorias mensuráveis. Um esforço de melhoria estruturado pode levar a soluções inovadoras que melhoram a medida de referência e, em última análise, a experiência do cliente.

A solução quando encontrada deve ser implementada em pequena escala uma vez que podem ser identificadas melhorias ou ajustes necessários [37]. Se a meta estabelecida for atingida passa-se à implementação da solução em larga escala. Mas caso não se atinga a meta proposta, é necessário voltar à segunda etapa (Medir), para, recolher novos dados, a partir deles desenvolver as etapas seguintes do DMAIC e encontrar outras soluções que funcionarão na resolução do problema [34].

Na Tabela 6, é apresentado um conjunto de ferramentas essenciais para uma implementação bem-sucedida de melhorias na referente etapa [35].

Tabela 6 - Fases e ferramentas a utilizar na etapa "Melhorar" [35]

Melhorar	
Fases da etapa	Ferramentas utilizadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debater soluções que podem resolver o problema;</li> <li>• Selecionar as soluções práticas;</li> <li>• Desenvolver mapas de processos baseados em diferentes soluções;</li> <li>• Selecionar a(s) melhor(s) solução(ões);</li> <li>• Implementar a(s) solução(ões);</li> <li>• Medir para Garantir Melhoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debate (<i>Brainstorming</i>);</li> <li>• Avaliação comparativa (<i>Benchmarking</i>) e melhorias Lean Clássicas;</li> <li>• Matriz de Critérios Ponderados;</li> <li>• Diagrama de <i>Ishikawa</i>;</li> <li>• Análise de <i>Stakeholders</i>;</li> <li>• Diagrama em árvore;</li> <li>• Diagrama de Gant;</li> <li>• Diagrama de afinidades;</li> <li>• Matriz de Esforços de Impacto;</li> <li>• Mapa do Fluxo de Valor;</li> <li>• Mapa de Swimlane;</li> <li>• Lista de verificação do piloto DCA / PDSA;</li> <li>• Plano de implementação.</li> </ul>

### C – Controlar (*Control*) ou manter a solução

Nesta etapa, o foco principal é garantir que as melhorias são mantidas. Depois de reparado o problema do processo e as melhorias já se encontrarem em vigor, a equipa deve garantir que o processo mantenha os ganhos. Na Fase de Controlo, a equipa deve estar focada na criação de um Plano de Monitorização para continuar a manter o sucesso e estabilidade do processo atualizado e desenvolvendo um Plano de Resposta caso haja uma queda no desempenho.

No plano de monitorização criado devem constar indicadores relacionados com [38]:

- O custo das operações, matérias-primas, desperdício e reciclagem, comercialização e conceção de produtos;
- O tempo dos ciclos produtivos, comerciais e de resposta e do cumprimento das etapas dos processos;
- Os desempenhos, como quota de mercado, a quotização de ações, a imagem da empresa, os níveis de satisfação dos clientes e consumidores, e a participação dos membros da equipa.

São apresentadas na Tabela 7 algumas das ferramentas mais utilizadas nesta etapa do processo, que permitem o alcance do sucesso [35].

Tabela 7 - Fases e Ferramentas a utilizar na etapa "Controlar" [35]

Controlar	
Fases da etapa	Ferramentas utilizadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantir que o processo seja gerenciado e monitorado adequadamente;</li> <li>• Documentar o processo;</li> <li>• Aplicar melhorias a outras áreas;</li> <li>• Melhorar continuamente o processo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Pareto;</li> <li>• Mapa de controlo;</li> <li>• Histograma;</li> <li>• Índice de Capacidade;</li> <li>• <i>Heijunka</i>;</li> <li>• <i>Poka-Yoke</i>;</li> <li>• Folha de verificação;</li> <li>• Auditorias;</li> <li>• Reuniões e formações.</li> </ul>

Em forma de conclusão pode auferir-se que a metodologia DMAIC não é simplesmente um ciclo de melhoria ou de resolução de problemas, mas abraça um modelo de administração de todo um negócio [39]. É um processo rigoroso que trata de problemas crónicos e complexos que abrangem todos os departamentos e focando-se nos indicadores principais da empresa. Proporcionam ganhos financeiros relevantes, que seriam difíceis de adquirir através de outras técnicas ou métodos, ajudando assim a tornar o negócio mais competitivo.

### 2.3.2 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta utilizada para identificar entre atividades que acrescentam valor ao produto e atividades que não acrescentam valor ao produto, identificar todo o tipo de desperdício e procurar eliminá-los. É uma técnica chave a aplicar em empresas que tenham em vista uma filosofia de gestão organizacional LEAN e foi inicialmente aplicada pela Toyota Motor Company em 1980 [40]. Distinguindo-se dos diagramas de fluxo tradicionais, esta técnica corresponde a uma representação visual, dos fluxos de material e informação. Na Figura 11 apresentam-se os símbolos mais utilizados.



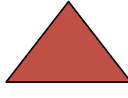
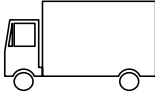


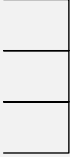




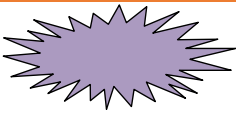




 Processo	 Fornecedor/cliente	 Inventário	 Transporte
 Fluxo de informação eletrónica	 Fluxo de informação manual	 Supermercado	 Stock de segurança
 Rota FIFO	 Seta de empurrar	 Recuo Físico	 Explosão Kaizen
 Kanban de produção	 Kanban de levantamento	 Posto Kanban	 Nivelamento de carga

Figura 11 - Principais símbolos utilizados no VSM [41]

A utilização desta técnica apresenta uma série de vantagens, nomeadamente: visão sobre toda a cadeia de valor não se concentrando apenas em partes específicas, permite um plano de implementação fundamentado numa boa base e é apresentado segundo uma simbologia própria fornecendo uma linguagem simples e intuitiva [42].

Seguindo conjunto de passos genéricos é possível chegar à elaboração de um VSM, conforme se pode ver na Figura 12.

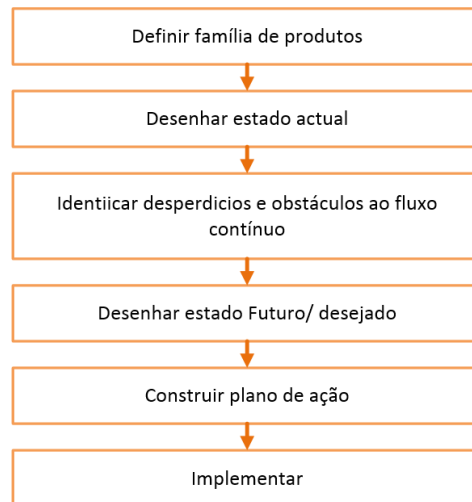


Figura 12 - Passos a seguir na elaboração de um VSM [41]

A falta de informação sobre indicadores económicos, a impossibilidade de representar produtos com diferentes fluxos produtivos e a falta de fluidez que se encontra na transmissão de conhecimento relativo a esta ferramenta a indivíduos que não tenham tido ainda um primeiro contacto com ela fazem com que esta prática apresente algumas restrições [43].

### 2.3.3 5 Why

Desenvolvida por Taiichi Ono, a técnica dos “5 Why” consiste na formulação e repetição da pergunta “porquê” aplicada a um determinado problema no intuito de compreender qual a causa raiz ou defeito dessa mesma ocorrência.

É uma ferramenta de estratégia fácil que se encontra essencialmente ligada à qualidade, focada na causa dos problemas ocorridos e evitando que estes se repetiam, otimizando assim os sistemas produtivos das empresas.

Em geral, na técnica são feitas 5 perguntas de forma consecutiva, que procuram responder, o que aconteceu, porque é que aconteceu e como fazer para minorar ou suprimir a probabilidade de uma nova ocorrência [44].

Etapas dos 5 why:

1. Parar;
2. Entender qual o problema;
3. Encontrar a causa raiz;
4. Elaborar um plano de ações para eliminar a causa raiz.

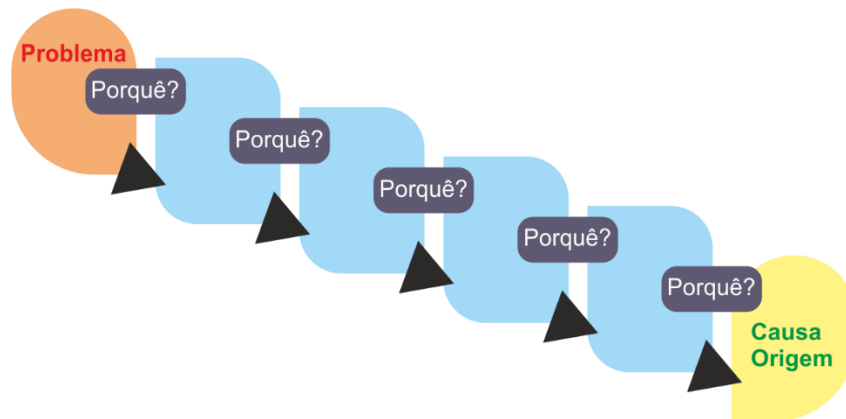


Figura 13 - Esquema Metodologia "5 Why" (elaboração própria)

### 2.3.4 Análise SWOT

A análise SWOT funciona como uma ferramenta de autoanálise que permite uma boa percepção e avaliação do crescimento ou estagnação do negócio, indústria ou projeto, quer a nível interno quer externo, aumentando a consciência sobre as áreas onde é necessário intervir [45]. A facilidade e simplicidade de utilização aliada à capacidade de definir um caminho que alinhe os recursos próprios com o panorama externo tornam esta ferramenta bastante popular e de frequente utilização [46]. O termo SWOT provém das 4 classificações utilizadas na construção do quadro popularmente associado a esta técnica. O “S” significa as Forças (*Strengths*), o “W” significa as fraquezas (*Weaknesses*), o “O” representa as Oportunidades (*Opportunities*) e o “T” simboliza as Ameaças (*Threats*) [47]. Na Tabela 8 apresentam-se algumas questões que facilitam o preenchimento do quadro.

Tabela 8 - Perguntas às quais os 4 campos devem considerar [48]

<b><u>Strengths</u></b>	<b><u>Weaknesses</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O que a organização faz bem?</li> <li>• Quais as vantagens competitivas?</li> <li>• Pode a organização estabelecer patentes e defender ideias?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde falha a organização?</li> <li>• Que problemas existem na organização?</li> </ul>
<b><u>Opportunities</u></b>	<b><u>Threats</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe mercado suficiente?</li> <li>• Quais as lacunas a preencher para que se cumpram os requisitos?</li> <li>• Existe vantagem em ser o primeiro a alcançar esta necessidade?</li> </ul>	<p>Quantos concorrentes existem?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais as barreiras a entrar para o mercado?</li> <li>• Estão a ser cumpridos os regulamentos?</li> </ul>

As forças e fraquezas são consideradas pela análise SWOT como fatores internos enquanto as oportunidades e ameaças como fatores externos [49].

Tal como em todas as ferramentas, também a análise SWOT apresenta as suas críticas e desvantagens, a principal é relativa à sua grande subjetividade e pouca resistência a tendências. A técnica é facilmente influenciável por opiniões pessoais e não fornece orientações concretas. Proporciona uma visão geral sobre a situação atual e promove a discussão sobre o assunto mas na prática apresenta pouco poder preditivo [50].

### 2.3.5 Metodologia 5S

A metodologia 5s defende que num ambiente industrial tudo tem o seu lugar e tudo deve estar no seu lugar. A ordem, segurança e limpeza é muitas vezes menosprezada, no entanto percebemos a sua importância quando na Toyota e Honda afirmam que este problema é responsável por aproximadamente 25 a 30% dos defeitos produzidos por falta de qualidade [51].

A melhoria das condições de trabalho é atingida pela melhoria dos três pontos referidos no paragrafo anterior, que proporcionam uma redução das perdas de tempo, por exemplo na procura de ferramenta e redução de movimentações escusadas, sendo até mesmo referidos como influentes na redução dos acidentes de trabalho [52].

A metodologia 5S é assim denominada devido aos 5 termos japoneses que representa e que foram criados pela Toyota, (Figura 14) [53]:

1. *Seiri* (Separar);
2. *Seiton* (Arrumar)
3. *Seiso* (Limpar)
4. *Seiketsu* (Normalizar)
5. *Shitsuke* (Autodisciplina)



Figura 14 - Etapas da Metodologia 5S (elaboração própria)

Seiri – O primeiro “S” representa o cuidado que se deve ter em manter, no local de trabalho, apenas os objetos necessários, definir o que pode ser guardado ou arrumado e dispensar o desnecessário, sendo que objetos que se utilizem com mais frequência devem estar mais acessíveis que os restantes [54], [55],. Muitas vezes são objetos

peçoais que tendem a acumular-se no local de trabalho, pela propensão que os operadores têm em criar uma “casa fora de casa” pela sensação de conforto que representam, mas que interferem com os conceitos de uma produção Lean [56].

Seiton – O segundo termo define que cada objeto deverá ter o seu local definido e que este deve estar claramente identificado. O propósito deste ponto é promover um fácil acesso e visualização por parte do operador. A localização dos objetos deve ter em conta a frequência com que são utilizados [56].

Seiso – O termo diz respeito à importância que representa ter o local de trabalho limpo, pela satisfação que promove no operador e pela reflexão que tem no fabrico do produto. Um local de trabalho limpo promove uma melhor identificação das fontes de sujidade e deve ser utilizado aproximadamente 2% do tempo de trabalho para a realização desta tarefa [53].

Seiketsu – O suporte dos 3S’s anteriores é garantido pelo 4º. O termo consiste na normalização das atividades estabelecendo padrões e procedimentos para que estas se institucionalizem garantindo que a situação não reverte para o ponto anterior [53].

Shitsuke – A última etapa diz respeito à monitorização que deve ser feita por parte da chefia de forma a manter os padrões atingidos através do incentivo, do compromisso e da disciplina promovendo uma participação ativa e positiva [55], [56].

Vantagens da utilização de uma metodologia 5S [54]:

- Controlo do espaço de trabalho pelo operador;
- Melhoria nos processos de manutenção;
- Melhoria do bem-estar dos operadores;
- Aumento da produtividade;
- Aumento da segurança;
- Aumento da transparência.

### 2.3.6 *Desenho de experiências*

O desenho de experiências é uma técnica utilizada para otimizar processos. A ferramenta consiste em realizar uma série de testes, de acordo com determinado método, nos quais se fazem variar as variáveis de entrada, de forma a perceber quais os motivos da alteração do sinal de resposta. O desenvolvimento desta técnica iniciou em Inglaterra pela mão de Ronald Fisher por volta de 1920, com o objetivo de determinar qual a melhor combinação entre diferentes fertilizantes e terrenos. A técnica desenvolveu-se bastante e continua a ser utilizada na indústria, na tentativa de perceber a informação que o processo nos transmite, determinar qual a influência que as variáveis de entrada têm na *performance* do processo e também na confirmação de

suspeitas [57]–[60]. Embora existam várias técnicas a aplicar num desenho de experiência, apenas vai ser abordado o método de Taguchi.

Entre as muitas aplicações do desenho de experiências referem-se as seguintes [61]:

- Melhoria da estabilidade do processo;
- Melhoria de lucros e retorno do investimento.;
- Melhoria da capacidade do processo;
- Redução da variabilidade do processo e consequentemente melhor consistência na performance do produto;
- Redução de custos de fabrico;
- Redução de tempos de projeto e desenvolvimento;
- Aumento da motivação dos engenheiros pela resolução de problemas crónicos;
- Melhor conhecimento das relações entre variáveis e resposta do processo;
- Aumento dos lucros pela redução de *scrap*, defeitos, *rework* e repetição de testes.

Na Tabela 9 apresentam-se os termos mais utilizados no desenvolvimento de um Desenho de Experiências.

Tabela 9 - Terminologia Utilizada no Desenho de Experiências

<b>Fator</b>	Variáveis definidas para serem estudadas;
<b>Níveis</b>	Valores que as variáveis podem assumir;
<b>Resposta</b>	Variável definida como resultado de saída;
<b>Interação</b>	Interdependência de variáveis;
<b>Experiência</b>	Teste realizado com níveis de fatores bem definidos.

#### 2.3.6.1 *Princípios utilizadas no desenho de experiências.*

**Randomização:** A realização de testes num processo de fabrico está sujeita a uma constante mudança incontornavelmente ligada ao ambiente industrial. A utilização da técnica de randomização tem como propósito fazer com que todos os grupos em estudo estejam sujeitos à mesma variação. Máquinas são partes de um sistema produtivo em contante mudança, o comportamento dos operadores também varia de dia para dia, assim como a matéria prima que não se encontra sempre nas mesmas condições. Existem, portanto, bastantes fatores que são difíceis de controlar durante o desenrolar de um desenho de experiências em panorama industrial. A eliminação de tendências nos resultados obtidos pode ser reduzida pela eliminação ou estabilização dos fatores anteriormente referidos, assim como pela condução dos experimentos por uma ordem bem definida que permita que a experiência a realizar não seja influenciada pelas anteriores e que não interfiram com os resultados dos posteriores. [57], [61].

**Replicação:** Como é fácil perceber pelo termo utilizado esta técnica consiste em reproduzir as experiências mais que uma vez, de modo aleatório, de forma a confirmar os resultados, calcular o erro experimental e reduzir a variação dos coeficientes da regressão em processos ou sistemas de medição com pouca estabilidade. Esta técnica apresenta como desvantagem encarecer os custos do experimento, devido ao aumento do número de *setup's* necessários [62]–[64].

**Repetição:** Esta forma de realizar os experimentos distingue-se da anterior por neste caso serem executadas as experiências com a mesma configuração de forma seguida antes de se avançar para uma nova configuração [64].

**Blocking:** Num processo com propensão a criar tendências sistemáticas a técnica de *blocking* mostra-se útil na medida em que as isola de forma a que os efeitos principais não sejam influenciados. Por exemplo num processo que receba produtos de diferentes fornecedores a criação de blocos por fornecedor permite aumentar a uniformidade entre exemplares do mesmo, apesar de a variação da população continuar a ser a mesma [63].

### 2.3.6.2 Metodologia Taguchi

O método foi estabelecido pelo Dr. Genichi Taguchi, após a 2ª Guerra Mundial, aparecendo pela necessidade de melhoria dos serviços de telecomunicação Japoneses. Por este método as experiências a serem realizadas é definida por matrizes ortogonais que orientam sobre a configuração de cada experiência e quantidade necessária. A possibilidade de conduzir um experimento pela utilização desta técnica, sem que seja necessário a realização do número total de experiências, que corresponde ao total de combinações possíveis entre variáveis de entrada e seus fatores, fazem com que seja considerada uma técnica de fatorial fracionado [65].

Na Tabela 10 apresenta-se a comparação entre o Desenho Fatorial Completo e o Desenho Taguchi onde se pode ver a grande diferença entre as experiências necessárias para cada um.

Tabela 10 - Comparação entre o Desenho Fatorial e o desenho Taguchi [64]

Fatores	Níveis	Número de Experiências pelo Desenho Fatorial	Número de Experiências pelo Desenho Taguchi (mínimo)
2	2	4 ( $2^2$ )	4
3	2	8 ( $2^3$ )	4
4	2	16 ( $2^4$ )	8
7	2	128 ( $2^7$ )	8
15	2	32768 ( $2^{15}$ )	16
4	3	81 ( $3^4$ )	9

Este método é considerado como “*off-line quality control*”, ou seja, fora da linha de produção, que contempla o desenvolvimento do produto e processo de fabrico de forma a que este cumpra as especificações com o mínimo de variação [66].

Num fatorial completo são consideradas todas as combinações possíveis entre fatores e níveis, o que torna a sua execução mais difícil à medida que aumenta o número de fatores. Por exemplo, num processo que envolva 7 fatores com 2 níveis cada, o número total de experiências necessárias para conduzir um Fatorial Completo será de 128. Na Tabela 11 as letras representam os fatores e os números 1 e 2 representam os níveis. Taguchi desenvolveu um método baseado em matrizes ortogonais que permite aumentar a exequibilidade através da diminuição do número de experiências necessárias.

Tabela 11 - Estrutura do Experimento usando Array L8

Desenho Fatorial Completo				$A_1$				$A_2$			
				$B_1$		$B_2$		$B_1$		$B_2$	
				$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$
$D_1$	$E_1$	$F_1$	$G_1$	T-1							
			$G_2$								
		$F_2$	$G_1$								
			$G_2$				T-3				
	$E_2$	$F_1$	$G_1$								
			$G_2$					T-5			
		$F_2$	$G_1$							T-7	
			$G_2$								
$D_2$	$E_1$	$F_1$	$G_1$								
			$G_2$							T-8	
		$F_2$	$G_1$						T-6		
			$G_2$								
	$E_2$	$F_1$	$G_1$				T-4				
			$G_2$								
		$F_2$	$G_1$								
			$G_2$	T-2							

### 2.3.6.2.1 Análise de Resultados

#### Desvio em relação ao objetivo

O cálculo dos desvios pode ser considerado em relação a um valor alvo ou em relação a uma média. Por exemplo, num processo de medição de comprimentos, a diferença entre o valor medido e o valor nominal corresponde ao desvio em relação a um valor alvo. No entanto a estudar o peso de um grupo de pessoas o cálculo do desvio deve ser calculado em relação ao valor médio das medições

#### Variação

A variação total é definida como a soma dos desvios, das “n” medições elevado ao quadrado e é calculada pela equação (1). O número de termos ao quadrado é denominado de número de graus de liberdade.

$$S_t = (y_1 - y_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + (y_3 - y_0)^2 + \dots + (y_n - y_0)^2 \quad (1)$$

$y_0$  – Valor alvo;

$y_n$  – Valor observado.

Considerando um grupo de medições o cálculo da variação total passa a ser o apresentado na equação (2).

$$S_t = (\bar{y}_1 - \bar{y}_0)^2 + (\bar{y}_2 - \bar{y}_0)^2 + (\bar{y}_3 - \bar{y}_0)^2 + \dots + (\bar{y}_n - \bar{y}_0)^2 \quad (2)$$

$\bar{y}$  – Média das medições;

$y_n$  – Valor observado.

No entanto nesta situação o número de graus de liberdade é dado por n-1.

#### Variância

O termo variância representa a quantidade de erro por unidade e é dada pela expressão (3).

$$V = \frac{S_t}{\text{graus de liberdade}} \quad (3)$$

#### Análise da Variância

O termo ANOVA – “*Analyses of Variance*” é o acrónimo em português para designar Análise de Variância. Esta técnica é utilizada no método de Taguchi para fazer comparações entre amostras. Os dados são apresentados sob a forma de tabela onde se apresenta a soma dos quadrados (SS) atribuída a uma fonte, a soma dos quadrados atribuída ao erro, a soma dos quadrados dos dados e também a estatística F que nos permite detetar a significância [67].

A análise da variância é utilizada para estudar a estatística das médias de pelo menos 2 amostras e permite analisar as relações entre diferentes inputs e um output. O procedimento estatístico separa a variação total em componentes, fontes de variação, entre grupos e fora do grupo. A ferramenta faz à partida algumas assunções, nomeadamente que a distribuição é normal e aleatória, independência entre tratamentos e que existe homogeneidade da variância [68].

### Sinal de ruído

O termo começou por ser usado na indústria da comunicação, no qual se definiu que um bom sistema de medição consegue captar o sinal sem ser influenciado pelo ruído. O quociente entre sinal e ruído vem expresso em decibéis (dB), sendo que quanto maior for o seu valor melhor será a qualidade do sistema de medição. O cálculo do sinal de ruído é dado pela equação (4).

$$\text{Rácio sinal ruído} = \frac{\text{Poder do sinal}}{\text{Poder do ruído}} = \frac{(\text{sensibilidade})^2}{(\text{variabilidade})^2} = \frac{\beta^2}{\alpha^2} \quad (4)$$

A utilização deste parâmetro veio simplificar os cálculos para as aplicações que apresentavam a necessidade de determinar as interações entre fatores de controlo e fatores de ruído, permitindo que o tempo e recursos despendidos nesta operação fossem eliminados e que a condição de robustez fosse avaliada por este quociente. Uma outra vantagem de usar o sinal de ruído é que este torna mais eficiente o alcance de níveis mais baixos de variação assim como o ajuste e calibração de sistemas de medição.

### 2.3.7 Brainstorming

A criatividade e geração de ideias são tópicos muito importantes em ambiente industrial, que na maior parte dos casos se tornam essenciais na resolução de problemas e aumento de produtividade. O *brainstorming* é uma técnica bastante usada e conhecida por isto mesmo. É criado geralmente em grupos, onde se fomenta um ambiente de cooperação de forma a aumentar a criatividade e geração de ideias, à cerca de um tópico sugerido adequadamente, normalmente com vista à resolução de problemas. Estudos indicam que a comunicação de ideias deve ser feita em simultâneo pelos intervenientes de forma a aumentar a produtividade e que grupos em que os membros tenham mais receio da opinião dos outros são mais propícios à geração de ideias. O interesse do grupo pelo tópico sugerido é também um bom indicador da performance do grupo.[69] Existem várias vertentes desta técnica, a começar pelo tradicional que é feito em grupo de forma verbal no entanto existe também uma outra vertente em que a exposição das ideias é feita de forma escrita. A geração de ideias por indivíduos isolados e o brainstorming eletrónico que consiste na demanda de ideias através de chats e serviço de email, por exemplo, são também vertentes

alternativas ao brainstorming tradicional. O brainstorming escrito promove a igualdade entre membros enquanto que o tradicional tende a impor os membros dominantes. O brainstorming nominal revela-se melhor na quantidade e qualidade das ideias sugeridas enquanto que o brainstorming eletrónico diminui os fatores sociais que possam dificultar a geração de ideias, promovendo um ambiente de participação mais livre e sem interrupções.[70], [71].

### 2.3.8 Diagrama de causa-efeito

O diagrama de causa-efeito é muitas vezes chamado de diagrama cauda de peixe, devido ao seu formato, Figura 15, ou diagrama Ishikawa, em homenagem ao seu criador. Tendo em consideração um determinado efeito ou problema que se pretenda estudar, esta técnica permite que um grupo de trabalho determine as possíveis causas raiz. Esta técnica é utilizada fazendo o preenchimento do diagrama através das ideias geradas pelo grupo de trabalho, geralmente numa sessão de brainstorming. A ferramenta não é fundamentada com nenhuma base estatística, mas apresenta bons resultados na resolução de problemas. A sua grande componente visual salienta as relações existentes entre variáveis e possíveis causas fazendo aumentar o nível de entendimento da equipa em relação ao processo e ajuda a estabelecer prioridades no que diz respeito a análises, recolha de dados ou correções futuras. A construção do diagrama deve começar por desenhar o esqueleto de peixe e colocar o problema a estudar na cabeça do peixe.

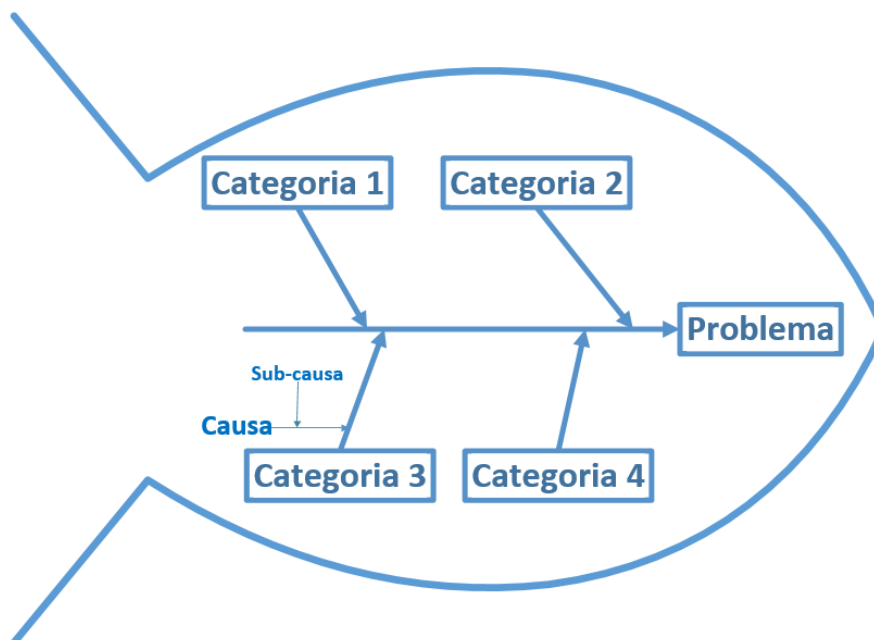


Figura 15 Exemplo de Diagrama Ishikawa (elaboração própria)

O passo seguinte é definir quais as categorias que fazem mais sentido colocar nos ramos principais e iniciar o preenchimento. A cada ideia gerada deve colocar-se uma questão de forma a criarem-se ramos secundários. A sessão termina quando a equipa determinar que a informação obtida é suficiente. As causas que aparecerem mais vezes e em mais que uma categoria são consideradas como as mais propícias a estarem na origem do problema [72], [73].

### 2.3.9 Diagrama de Pareto

Na resolução de problemas em meio industrial, a enorme quantidade de possíveis causas ou efeitos é muitas vezes um fator que limita a escolha do caminho mais acertado. Normalmente, com a ajuda de um gráfico de barras, a técnica de Pareto é uma técnica que permite estabelecer prioridades, identificando os efeitos entre os “poucos vitais” e “muitos banais. Desta forma torna-se claro estabelecer os pontos onde nos devemos focar para se obter um maior efeito nos resultados. Este princípio ficou conhecido como regra de Pareto ou regra 80/20 [74].

Princípios básicos que um diagrama de Pareto deve apresentar [72]:

- Contribuição dos efeitos apresentada de forma decrescente;
- Magnitude da contribuição apresentada numericamente;
- Percentagem cumulativa da contribuição dos efeitos.

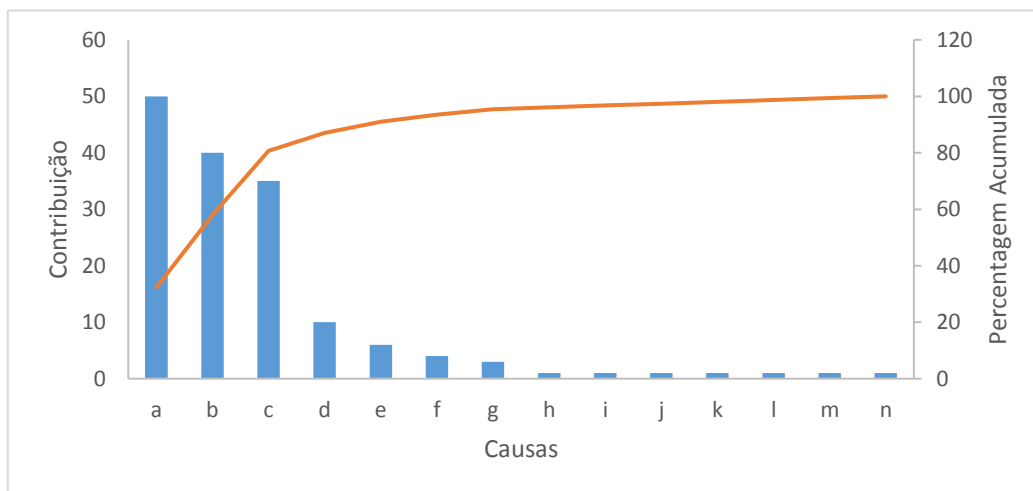


Figura 16 - Diagrama de Pareto

Segundo Pareto, é mais fácil reduzir para metade a magnitude da causa com maior magnitude do que reduzir para zero uma causa com baixa contribuição. É então na redução das causas principais que serão sentidos os maiores efeitos e é nestas que devemos concentrar as nossas atenções inicialmente. Estes fatos mostram que o Diagrama de Pareto é uma boa introdução ao problema. A confirmação da melhoria do processo pode ser observada pela alteração na ordem das causas, ou então pelo

decrécimo na magnitude das causas principais. No entanto, em situações em que sejam construídos Diagramas de Pareto diariamente, uma alteração da ordem pode significar que o controlo feito ao processo não é suficiente [73].

## 2.4 Elementos Mecânicos

Este tópico surge como esclarecimento de alguns conceitos chave para justificar algumas escolhas tomadas no desenrolar desta dissertação. Descrevem-se aqui elementos mecânicos básicos que são usados no apoio às máquinas de processo produtivo de um pneu.

### 2.4.1 Cintas de travão

Define-se um travão como um elemento de máquina capaz de absorver quer energia cinética, quer potencial com o propósito de parar ou abrandar determinado elemento em movimento. Tal tarefa está associada inevitavelmente a libertação de energia sob a forma de calor e a eficácia e eficiência de um travão é definida pela pressão entre superfícies de contacto, coeficiente de fricção e sua habilidade em dissipar a temperatura absorvida [75].

As cintas de travão são consideradas como os sistemas de travagem mais simples. O mecanismo consiste numa banda metálica forrada a tecido com coeficiente de atrito suficiente que lhe garante flexibilidade adequada. Esta banda é fixada nas extremidades e pressionada contra um tambor em rotação [76]–[78]. Na Figura 17 pode ser observado uma representação básica deste tipo de mecanismo e as forças atuantes.

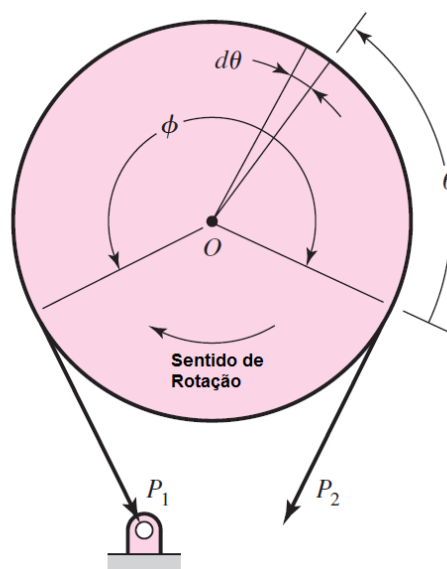


Figura 17 - Diagrama de forças numa cinta metálica

A relação entre a tensão nos 2 extremos da polia é dada pela equação (5).

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{\mu\phi} \quad (5)$$

$P_1$ - Força de tração no ponto 1;

$P_2$ - Força de tração no ponto 2;

$\mu$  - Coeficiente de atrito;

$\phi$  - Ângulo de abraçamento.

O momento de travagem é dado pela equação (6).

$$M_t = P_1 \cdot \frac{e^{\mu\phi} - 1}{e^{\mu\phi}} \cdot \frac{D}{2} \quad (6)$$

$M_t$ - Momento de travagem;

D – Diâmetro do tambor.

Pressão máxima de contacto é calculada através da equação (7).

$$p_{m\acute{a}x} = \frac{P_1}{lr} = \frac{2 * P_1}{l * D} \quad (7)$$

$P_{m\acute{a}x}$ - Pressão máxima de contacto;

L – Largura da cinta.

#### 2.4.2 Atuadores Pneumáticos Lineares

A pneumática é utilizada em vários ramos da indústria e a sua lista de aplicações é bastante extensa. Este tipo de mecanismos é desenvolvido de forma a aproveitar a energia do ar comprimido e transforma-la em trabalho útil. Apenas serão abordados os cilindros pneumáticos, que são classificados como atuadores lineares, embora existam outro tipo de atuadores, nomeadamente atuadores rotativos e motores pneumáticos [79].

A força gerada por um cilindro pneumático pode ser calculada diretamente pelo produto entre a pressão de trabalho e a área efetiva. No cálculo da força avanço deve ser considerada a área do pistão, enquanto que no cálculo da força recuo deve subtrair-se a área da haste à área do pistão. Como em termos práticos existem perdas devido ao atrito entre os vedantes do pistão e as paredes do cilindro, deve ser considerada uma eficiência inferior a ideal. Para pequenos cilindros deve considerar-se

perdas iguais ou superiores 25%, já para cilindros com diâmetros superiores a 100mm devem ser consideradas perdas de pelo menos 35% [80].

Tabela 12 - Fator de carga  $\eta$  (fonte: SMC)

Tipo de Funcionamento	Fator de carga
Cilindros estacionários (Cargas aplicadas no final do curso)	0,7
Cilindros dinâmicos (Cargas aplicadas ao longo de toda a ação do cilindro)	0,5
Cilindros com guia horizontal (Movimentação horizontal de cargas)	1,0

A força de avanço é calculada através da equação (8).

$$F_a = \frac{F_p}{\eta} \quad (8)$$

$F_a$ - Força de avanço;

$F_p$ - Força de projeto;

$\eta$  – Fator de carga.

A pressão de trabalho é calculada através da equação (9).

$$P_t = \frac{F_a}{A} \quad (9)$$

$P_t$  – Pressão de trabalho;

A – Área do embolo.

O diâmetro mínimo aceitável é calculado pela equação (10)

$$d_c = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_a}{\pi \cdot P_t}} \quad (10)$$

$D_c$  – Diâmetro da haste.



# DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Caracterização da empresa
- 3.2 Caracterização do processo de corte metálico
  - 3.3 Definição do Problema
  - 3.4 Identificação das causas
    - 3.5 Estudo MSA
  - 3.6 Verificação do estado inicial do processo
    - 3.7 Método de Taguchi
  - 3.8 Estudo da Adesividade do Material
  - 3.9 Estudo da Tensão do Material
- 3.10 Avaliação do alinhamento das máquinas de corte
  - 3.11 Propostas de melhoria do processo
  - 3.12 Construção e Instruções de montagem
    - 3.13 Análise FMEA
- 3.14 Quantificação das melhorias implementadas
  - 3.15 Análise de custos e *payback*



## 3 DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Caracterização da empresa

O projeto de investigação que será produto da presente dissertação desenvolveu-se na empresa Continental Mabor.



Figura 18 - Logotipo Continental AG [81]

#### 3.1.1 A Continental AG

Os primeiros passos na produção de pneus pelo grupo Continental AG foram dados em Hannover, na Alemanha em outubro de 1871 e nessa altura apenas se fabricavam produtos de borracha flexível e pneus maciços para carruagens e bicicletas.

A produção de pneus para automóveis com piso liso iniciou em 1898. A partir de então, a Continental sempre se desenvolveu com os índices mais altos de qualidade e prestígio, investindo no estudo e aplicação de técnicas, produtos e equipamentos para a melhoria de pneumáticos. Em 1904 tornou-se na primeira companhia mundial a desenvolver e a produzir pneus com padrão no piso, em 1905 iniciou a produção de pneus antiderrapantes com rebites para neve e três anos mais tarde inventou a jante desmontável para automóveis ligeiros.

No final de 1920, a empresa fundiu-se com as principais empresas de produção de borracha para formar assim a “Continental Gummi-Werke AG”.

Em 1951 iniciou a produção de correias transportadoras com telas metálicas. Em 1955 foi a primeira empresa a desenvolver molas de ar para camiões e autocarros. A produção em série de pneus radiais ligeiros começou em 1960. Cerca de 30 anos mais tarde a empresa trouxe para o mercado os primeiros pneus ecológicos para veículos de passageiros.

Em 1995 foi criada a divisão de Sistemas Automotivos, que dois anos mais tarde apresentou a tecnologia chave para o desenvolvimento de sistemas de acionamento híbrido.

Mas nem só de pneus vive a Continental, pois em 2007 adquire a Siemens VDO Automotive AG e avança para os cinco maiores fornecedores da indústria automóvel.

Atualmente a Continental AG emprega cerca de 240 000 colaboradores, distribuídos por 56 países e cerca 427 localizações distintas. Na indústria dos pneus, o grupo Continental encontra-se presente em 15 países, contando com 20 fábricas.[82]

### 3.1.1.1 Áreas de Negócio e Produtos

O grupo Continental AG é composto por dois subgrupos, “Sistemas Automotivos” e “Componentes de Borracha”, que se dividem em “Chassis & Safety”, onde se concentram as tecnologias de segurança ativa, passiva e dinâmica do veículo, “Powertrain”, que representa soluções, “Interior”, que combina todas as atividades relacionadas com apresentação e gestão de informação do veículo., “Pneus”, onde oferece o pneu adequado para cada aplicação, nomeadamente veículos de passageiros, camiões, autocarros, motos, bicicletas e veículos especiais, “ContiTech”, que desenvolve e produz peças funcionais, componentes e sistemas para a indústria automóvel e para outras indústrias chave [83].

Continental Corporation					
Automotive Group			Rubber Group		
Chassis & Safety	Powertrain	Interior	Passenger and Light Truck Tires	Commercial Vehicle Tire	ContiTech
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistemas de travagem eletrónica</li> <li>▶ Sistemas de travagem hidráulica</li> <li>▶ Sensores</li> <li>▶ Segurança passiva &amp; ADAS (Sistema de assistência avançada ao condutor)</li> <li>▶ Componentes de chassis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistemas gasolina</li> <li>▶ Sistemas diesel</li> <li>▶ Transmissão</li> <li>▶ Eletrónica</li> <li>▶ Sensores</li> <li>▶ “Motor Drives” e fornecimento de combustível</li> <li>▶ Drives de híbridos e elétricos</li> <li>▶ “Turbochargers”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Habitáculo &amp; segurança</li> <li>▶ Comunicação</li> <li>▶ Veículos comerciais &amp; pós-venda</li> <li>▶ Instrumentação &amp; displays</li> <li>▶ Módulos interiores</li> <li>▶ Multimédia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Equipamento de origem</li> <li>▶ Mercado de substituição Europa</li> <li>▶ Mercado de substituição Américas</li> <li>▶ Mercado de substituição Ásia</li> <li>▶ Pneus para veículos de duas rodas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pneus pesados Europa</li> <li>▶ Pneus pesados Américas</li> <li>▶ Pneus pesados Ásia</li> <li>▶ Pneus industriais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistemas de ventilação</li> <li>▶ Benecke-Kaliko Group</li> <li>▶ Sistemas de correias</li> <li>▶ Elastómeros</li> <li>▶ Revestimento</li> </ul>

Figura 19 - Setores de Negócio da empresa Continental AG [84]

No que se refere ao ano fiscal de 2017, a Continental AG gerou aproximadamente 44 bilhões de euros, que aparece como resultado de um crescimento contínuo, como se pode ver pelos dados apresentados na Figura 20.

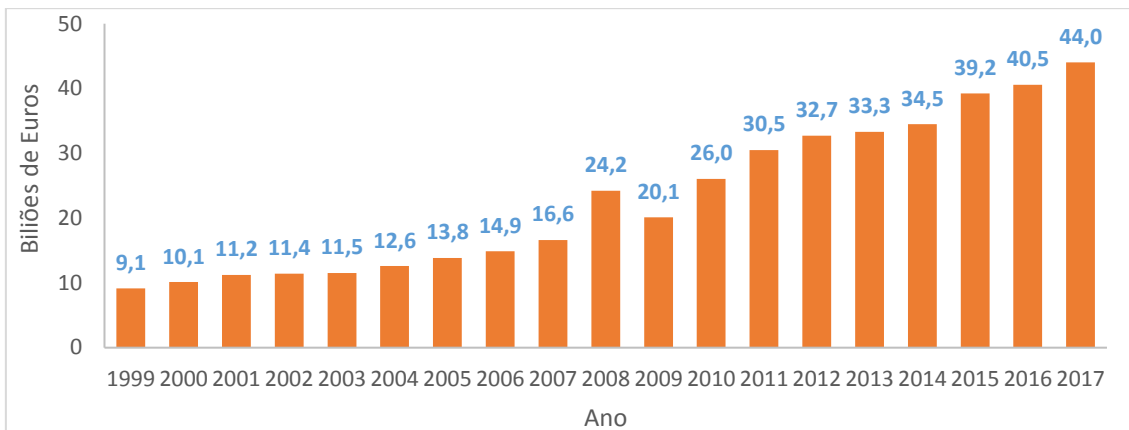


Figura 20 - Receitas da Continental AG de 1999 a 2017 [85]

Se a receita for separada pelos dois segmentos, é o grupo automotivo que representa a maior fatia, apresentando receitas de cerca de 26 biliões de euros para o ano referido anteriormente (Figura 21).

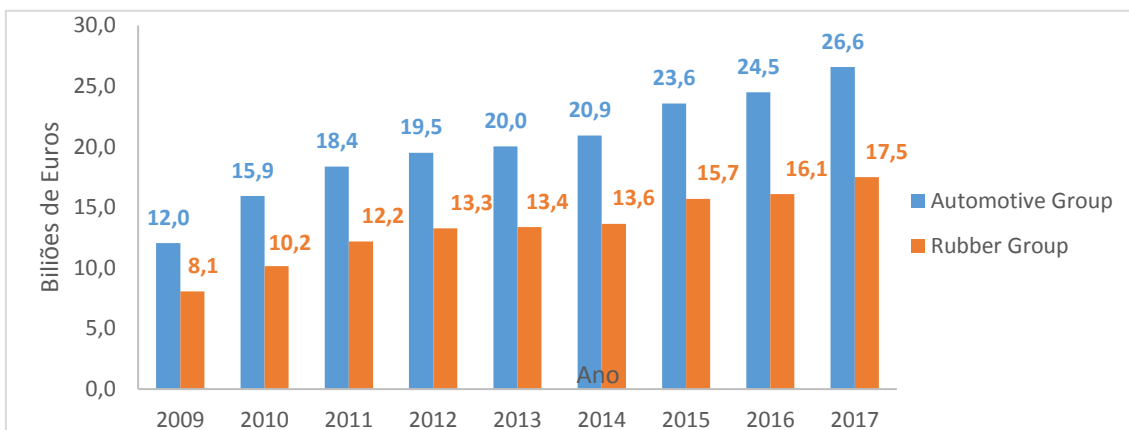


Figura 21 - Receitas da Continental AG por Segmento de 2009 a 2017 [86]

A produção de pneus representa a maior contribuição de vendas com cerca 28% do valor total, Figura 22.

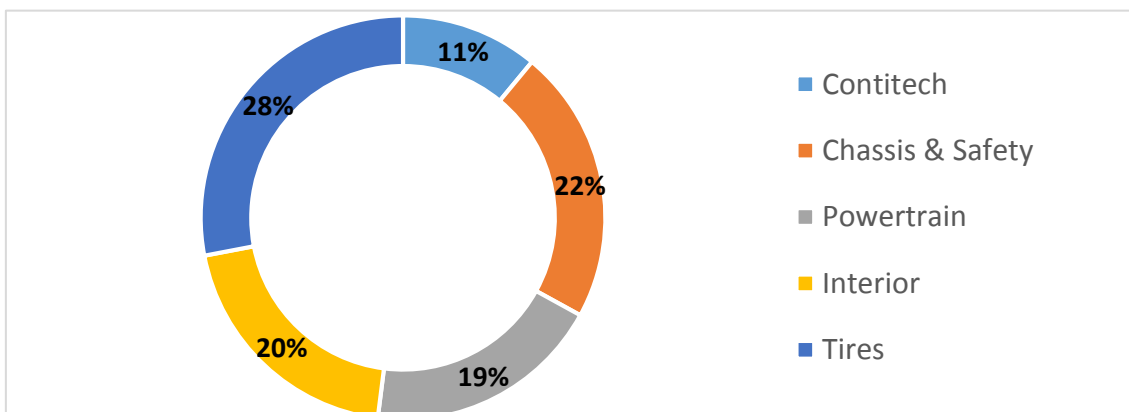


Figura 22 - Contribuição nas Vendas por Divisão (Continental 2018)

### 3.1.1.2 Clientes

A Continental Mabor é responsável por abastecer dois tipos de segmentos:

- Mercado de Origem;
- Mercado de Substituição.

No mercado de origem a empresa fornece às principais indústrias de construção veículos motorizados, como é possível inferir pela Figura 23. Relativamente ao segmento de substituição são remetidos para pequenos revendedores.



Figura 23 - Principais clientes da Continental AG

### 3.1.2 A Continental em Portugal

Em Portugal, além da Continental Mabor o grupo Alemão detém também a Indústria Têxtil do Ave, S.A. (ITA), que também foi pertença do mesmo grupo que detinha a Mabor. Passou a fazer parte do grupo Continental AG em 1993. Foi fundada em 1950 está localizada em Lousado e produz artigos têxteis para a indústria da borracha. A Continental Pneus (Portugal) S.A. (CPP), também localizada em Lousado, foi fundada em 1992, constituiu-se através da aquisição da totalidade das ações da Scrimex (sociedade que detinha a exclusividade de comercialização dos pneus Continental em Portugal). A Continental pneus integrou então, colaboradores transferidos da Scrimex e também da Mabor e passou a comercializar produtos das marcas Continental, Mabor, Uniroyal ou General, entre outras. Em Palmela o grupo detém também a Lemmerz fundada em 1994 fruto de uma associação entre a continental Mabor e a Lemmerz espanhola. Em 2001, a Lemmerz decidiu vender a sua quota à Schedi Automotive. Foi criada em regime de *joint-venture*, com a finalidade de garantir à fábrica de montagem da Ford-Wolkswagen, Autoeuropa a entrega a tempo dos conjuntos jante-pneu. 51% do capital da empresa é detido pela Continental Mabor e os restantes 49% pela Schedi Automotive. A Teves Portugal – Sistemas de travagem, Lda., fundada em 1998, produz sistemas de travagem para os principais fabricantes de automóveis da Europa e possui uma capacidade instalada de cerca de 3.000.000 travões por ano.

### 3.1.2.1 A Continental Mabor

A Continental Mabor nasceu em 1989, fruto da união de duas empresas, a Continental AG, empresa alemã sediada em Hannover com a Mabor – Manufatura Nacional de Borracha.

As instalações da atual empresa Continental Mabor tiveram origem na criação da Mabor, inaugurada após a II Guerra Mundial, a 6 de abril de 1946 na freguesia de Lousado, Vila Nova de Famalicão. A pedido do Cardeal Cerejeira que tinha como desejo a criação de uma indústria da sua freguesia, foi fundada a empresa pelo Dr. Júlio Anahori de Quental Calheiros – Conde da Covilhã e Presidente do Concelho de Administração do Banco Borges e Irmão. A marca Mabor é sigla de Maria Borges, a esposa do Conde.

Em 1937 a aquisição de uma licença de 10 anos para o fabrico de pneus e câmaras de ar, permitiu a Carlos Farinha iniciar o processo de instalação da fábrica, que foi a primeira a laborar em Portugal. Mais tarde, em 1940 foi constituída uma sociedade organizada para adquirir o alvará em causa, com o financiamento do Banco Borges e Irmão e o apoio técnico da “General Tire and Rubber company”, em troca de 20% do capital social. Na década de 50 a Mabor produzia câmaras-de-ar, pneus para pesados, chaimites, ligeiros, motos, e pisos para recauchutagem. Em 1985 o grupo Continental AG compra a General Tire e quatro anos após, em 1989 adquire a Mabor, passando a controlar 60% do capital através de uma *joint-venture* com a empresa portuguesa. Em 1993 o grupo Continental AG compra os restantes 40% e passa a controlar por completo a empresa portuguesa.



Figura 24 - Instalações iniciais da Mabor [5]

A Continental Mabor emprega aproximadamente dois mil funcionários e as previsões são de crescimento. A empresa está sempre nos lugares cimeiros do grupo no que diz respeito a produtividade e qualidade. Em 1990 a Mabor produzia cinco mil pneus por dia, atualmente a fábrica tem uma produção média diária de cinquenta e seis mil pneus. Este aumento de capacidade é fruto do investimento feito todos os anos pela

empresa e pela política de melhoria contínua que a empresa fomenta junto de todos os intervenientes. A maior parte do produto fabricado é destinado à exportação, tanto para o mercado de substituição, como para o mercado de origem e os clientes estão entre os mais cotados e exigentes na indústria automóvel.

A orientação da empresa mostra a forma como encara o futuro sem medos, promovendo uma evolução constante com o objetivo de permanecer uma empresa líder mundial. Em 2017 foi premiada com a distinção de “Fabricante de Pneus do Ano” pela revista “Tire Technology”, que vem valorizar o conjunto de ações tomadas nos últimos tempos, salientando-se o investimento feito em Lousado no centro de pesquisa e desenvolvimento para pneus agrícolas.

#### 3.1.2.1.1 Política e Visão da Organização

“Ser Líder” é a visão que a Continental Mabor defende como política de empresa, baseando-se na prática diária dos 4 valores que o próprio Grupo Continental defende: Confiança, Paixão por Vencer, Liberdade para agir e Uns pelos Outros.

A Continental Mabor apresenta como visão tornar-se uma referência no fabrico de pneus a nível mundial, inspirando os seus colaboradores a usufruírem do máximo partido das suas capacidades e obterem os níveis mais elevados de excelência profissional,

A Missão da empresa passa por transmitir este seu espírito pelos seus colaboradores, reunindo esforços para a obtenção dos objetivos gerais da empresa que significa responder às necessidades dos seus clientes na prestação de um serviço eficiente e inovador.

### A nossa **visão** é

Ser Líder:

Lousado Eficiente;

Inova e antecipa as necessidades dos clientes;

Desenvolve produtos e alta tecnologia;

Excelente no desenvolvimento e nos processos;

Rentável de forma sustentada.

Figura 25 - Visão da Continental Mabor (Continental 2018)

No Anexo VI é apresentada a política da empresa numa declaração escrita que traduz os ideais e orientações globais desta conferindo a descrição acima “Ser Líder” e a prática diária dos valores do Grupo Continental – Confiança, Paixão por Vencer, Liberdade para Agir e Uns pelos Outros.

### 3.1.2.1.2 Estrutura organizacional da Continental Mabor S.A.

A estrutura da Continental Mabor é caracterizada por uma eficaz e rápida comunicação entre agregações que se deve essencialmente a um reduzido número de interfaces. Na figura seguinte, pode-se observar a estrutura organizativa existente na empresa.

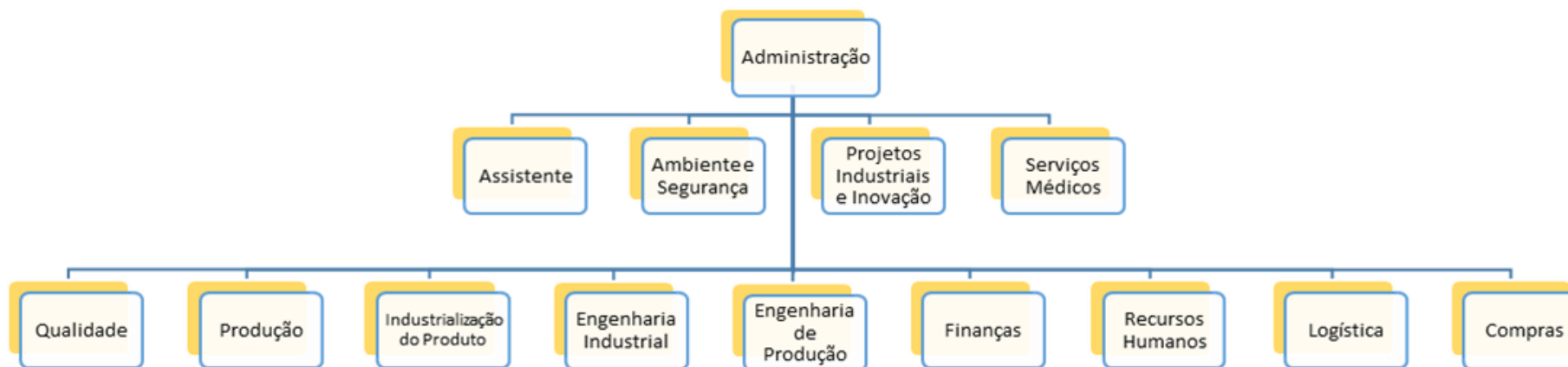


Figura 26 - Organograma da empresa Continental Mabor S.A. (Continental, 2018)

### 3.1.2.1.3 Descrição do Sistema Produtivo

São três as etapas do sistema de produção de um pneu na CMIP:

1. Receção e validação das matérias-primas essenciais ao início de produção;
2. Processo de fabrico para a elaboração do produto;

Despacho e armazenamento e do produto acabado.



Figura 27 - Sistema de produção da CMIP



Figura 28 - Departamentos envolvidos no processo de fabrico

O processo de fabrico sustenta-se em cinco departamentos, designadamente a Misturação, Preparação, Construção, Vulcanização e Inspeção Final constituindo assim o fluxo necessário para a construção do pneu.

É no processo de fabrico que decorre a maioria da ação e como tal é apresentado na Figura 29 todas as tarefas realizadas desde o momento em que é disponibilizada a matéria prima, até termos o pneu pronto para ser armazenado e posteriormente distribuído.

O fluxo do processo encontra-se muito resumidamente na Figura 29. O primeiro passo é aceitar a matéria prima que vai ser misturada no passo seguinte para produzir as mesas de borracha que alimentam as extrusoras na etapa de preparação dos componentes, antes de serem assemblados. O departamento de construção fornece os pneus em verde ao departamento de vulcanização de onde os pneus saem com o seu formato final. Depois desta etapa os pneus têm de passar os testes que garantem a sua conformidade com os requisitos exigidos.

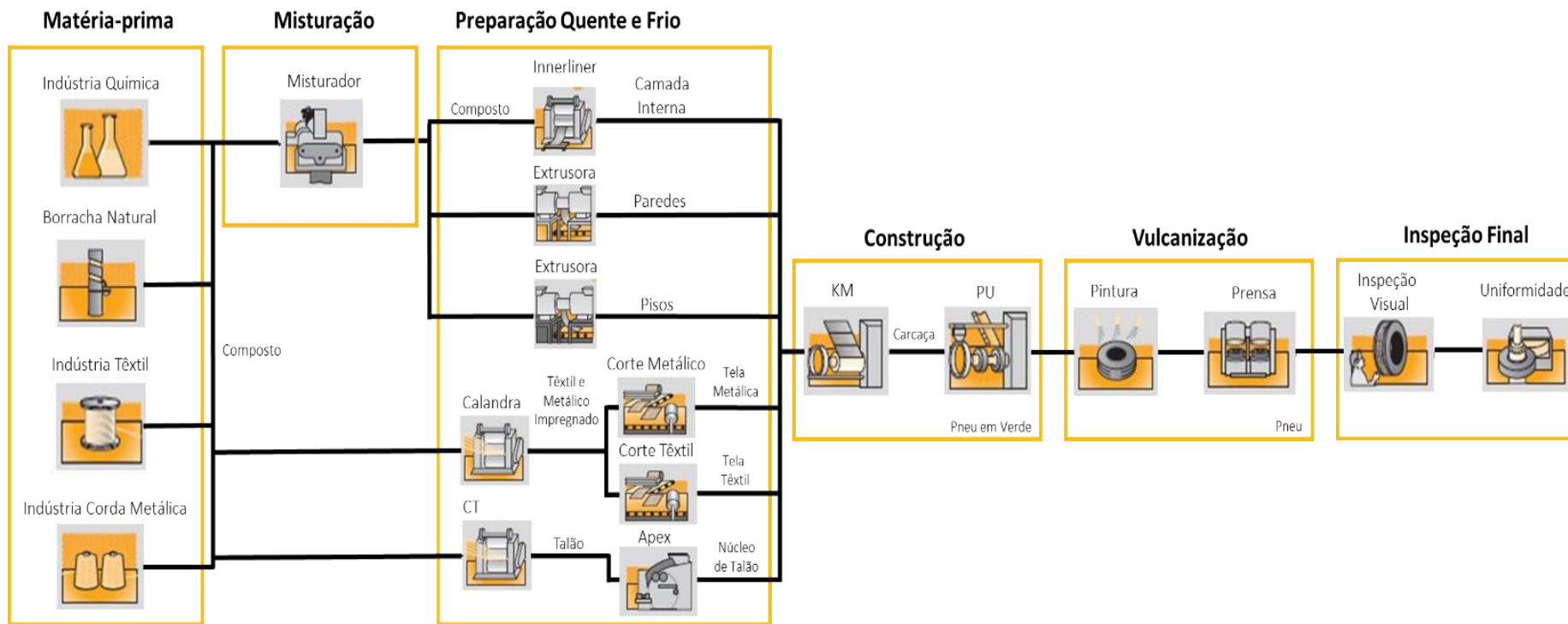


Figura 29 - Processo produtivo da Continental Mabor

### 3.1.3 Requisitos do trabalho a desenvolver

É importante que na tentativa de melhoria de um processo produtivo se conheçam as condições de trabalho, o modo de operar e as especificações do material. É fundamental recolher o máximo de informação de forma a ter uma visão geral do ambiente que se pretende melhorar de forma a orientar e ajustar as ações que permitam alcançar o objetivo. É neste seguimento que na Tabela 13 se apresentam as condicionantes do processo e que serão estudadas com maior detalhe nos pontos seguintes.

Tabela 13 - Condicionantes do processo de corte metálico

<b>Número de máquinas</b>	5 máquinas de corte
<b>Carga horária de trabalho</b>	24 h/dia
<b>Nº de turnos</b>	5
<b>Materiais a cortar</b>	5 estilos
<b>Temperatura de trabalho</b>	Temperatura ambiente
<b>Quantidade média de <i>breaker</i> cortado por dia</b>	210 000 m
<b>Número de especificações</b>	244
<b>Método de armazenamento do material recebido</b>	Caneleira
<b>Quantidade por rolo</b>	450 m
<b>Método de armazenamento do material disponibilizado</b>	Cassetes
<b>Quantidade por cassete</b>	350 m
<b>Largura do rolo</b>	1,3 m
<b>Largura máxima de corte (aprox.)</b>	600 mm
<b>Largura mínima de corte (aprox.)</b>	200 mm
<b>Ângulo mínimo de corte</b>	20°
<b>Ângulo máximo de corte</b>	34°

### 3.2 Caracterização do processo de corte metálico

O processo de corte metálico corresponde à última etapa de preparação do *breaker* antes de seguir para a construção. O processo de corte metálico é o processo que transforma o tecido metálico em *breaker*. Neste processo o rolo vindo da calandra é desenrolado e cortado. O corte é definido pelo ângulo de corte e largura de corte. Existem vários estilos tecidos metálicos a cortar, nomeadamente MHF, MPS e MPO. O tecido MHF é composto por cordas com 4 fios e pode ser classificado em MHF14 e MHF15, conforme o EPDM, assim como o MPS04 e o MPS05. O MPS é composto por cordas com dois fios enquanto o MPO é um tecido monofilamentar. Na Tabela 14 apresentam-se as características dos tecidos metálicos referidos. Depois de cortado com a largura e angulo especificado o tecido é emendado e é nesta etapa que ocorre grande parte dos defeitos no processo.

A secção de corte metálico é composta por cinco máquinas, que são designadas por “Fischer” 1 a 5 ou F01 a F05. Nesta secção existe também uma máquina recuperadora de *breaker* que é responsável por aproveitar o material defeituoso proveniente das máquinas de corte metálico

As máquinas fazem três turnos e em cada turno produzem aproximadamente setenta mil metros de *breaker*. São máquinas com bastante desgaste mecânico que cumprem um plano de manutenção preventiva que obriga a substituição de componentes e que muitas vezes provoca nas máquinas alterações indesejáveis, mas inevitáveis.

Tabela 14- Características de cada tecido metálico

Estilo de Tecido	Espessura [mm]	EPDM	Nº de fios por corda
<b>MPS04</b>	0,9	80	2
<b>MPS05</b>	0,9	95	2
<b>MHF14</b>	1,3	56	4
<b>MHF15</b>	1,3	65	4
<b>MPO01</b>	0,6	110	1

#### 3.2.1 Fluxo do processo produtivo

O *breaker* é produzido no Departamento II – Preparação e é aqui que se realizam os dois processos necessários para que este esteja pronto e seja disponibilizado ao departamento seguinte, a construção.

O primeiro processo a ser realizado é a calandragem, que utiliza as mesas de borracha vindas do Departamento I – Misturação e corda de aço que é adquirida diretamente ao fornecedor. O produto final do processo de calandra é designado por tecido metálico e é armazenado em rolos. O processo de corte utiliza os rolos vindos do processo

anterior e gera como output *breaker*. Na Figura 30 apresenta-se um fluxograma das operações necessárias à preparação deste componente do pneu.

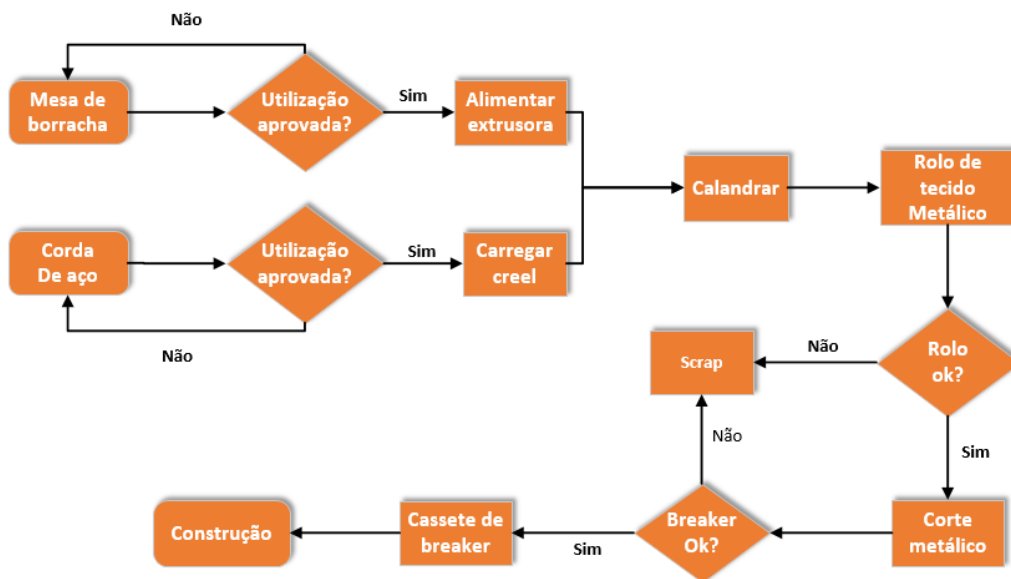


Figura 30 - Fluxograma da preparação do *breaker*

O processo de corte é realizado numa só máquina onde é definido a largura e ângulo desejado. Além do corte são também realizadas outras operações, nomeadamente a divisão do *breaker* 0 em *breaker* 1 e *breaker* 2, e aplicação da tira de envolver. Na Figura 31 apresenta-se o fluxograma das operações realizadas no processo de corte.

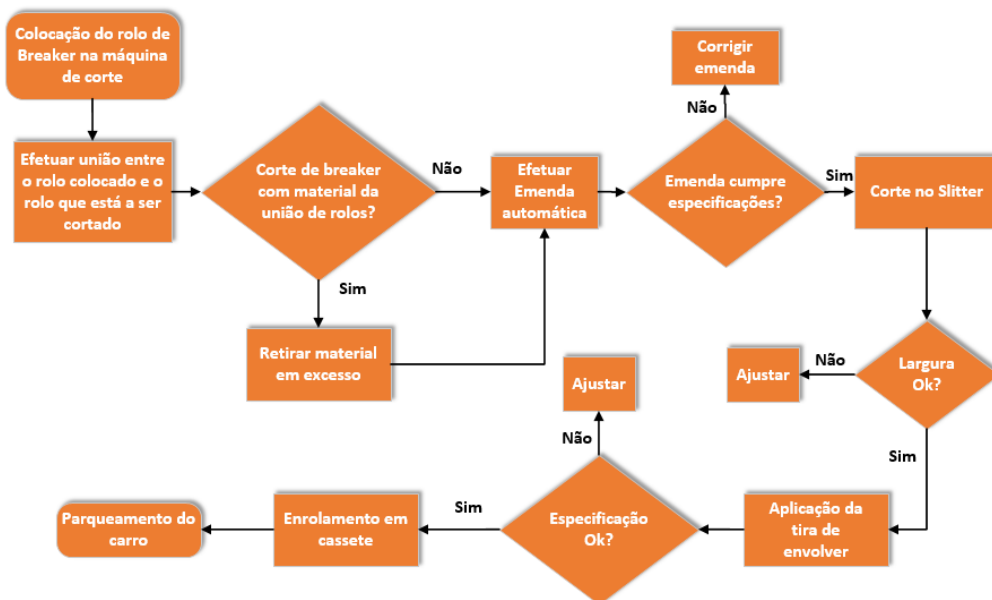


Figura 31 - Fluxograma de operações do processo de corte

### 3.2.2 Análise Value Stream Mapping

A análise VSM tem como objetivo avaliar o fluxo do processo identificando as atividades que acrescentam valor, as que não acrescentam, procurando diminuir todo o tipo de desperdícios. É nesta ordem de pensamento que se caracteriza o processo de corte metálico, através da referida técnica. O esquema da análise VSM apresenta-se na Figura 32.

O processo de corte metálico divide-se em quatro processos: corte, emenda, aplicação da tira de envolver e enrolamento. A taxa de utilização da máquina (*uptime*), tempo disponível da máquina (*avail*), tamanho do lote (*lot*), tempo de preparação das máquinas (C/O) e tempo de ciclo (TC), foram os critérios utilizados para caracterizar cada processo.

Os critérios utilizados na elaboração do VSM são iguais para os processos referidos por se tratar um processo em série em que a paragem de um processo implica a paragem dos restantes. No entanto, a velocidade do processo é determinada pelo processo mais lento, que neste caso corresponde ao corte do tecido.

O fornecedor do processo de corte é o processo de calandra, que disponibiliza os rolos de tecido metálico, enquanto que o cliente é o departamento de construção, mais concretamente a máquina PM do módulo. Conforme o consumo previsto para estas máquinas, é definida uma ordem de produção que é disponibilizada a cada máquina de corte. As quantidades e ordem de produção são definidas pelo departamento de *scheduling*. No caso dos materiais que abastecem as máquinas, o controlo é feito pelo supervisor do turno.

O tempo de ciclo é definido pela cadência do corte. Como cada máquina realiza aproximadamente 14 cortes por minuto, implica um tempo de ciclo de 4,29 s. Cada corte tem aproximadamente 2,8 m significa 1,5 s por metro *breaker*.

Cada máquina de corte corta aproximadamente 20000 metros de *breaker*, o que corresponde a 10 rolos de tecido metálico. Para calandrar esses 10 rolos são necessários 98 minutos.

O tempo necessário para a mudança de medida (*setup*) é definido pelo termo C/O. A mudança de medida pode implicar alteração de ângulo, alteração de largura e alteração de tira de envolver. Conforme as alterações necessárias, a mudança de medida pode implicar uma perda de tempo de aproximadamente 180 s.

A produção é feita por lotes por questões de armazenamento do material. O tamanho do lote significa a quantidade de material que cada cassete consegue transportar. Esta quantidade é de 350 m.

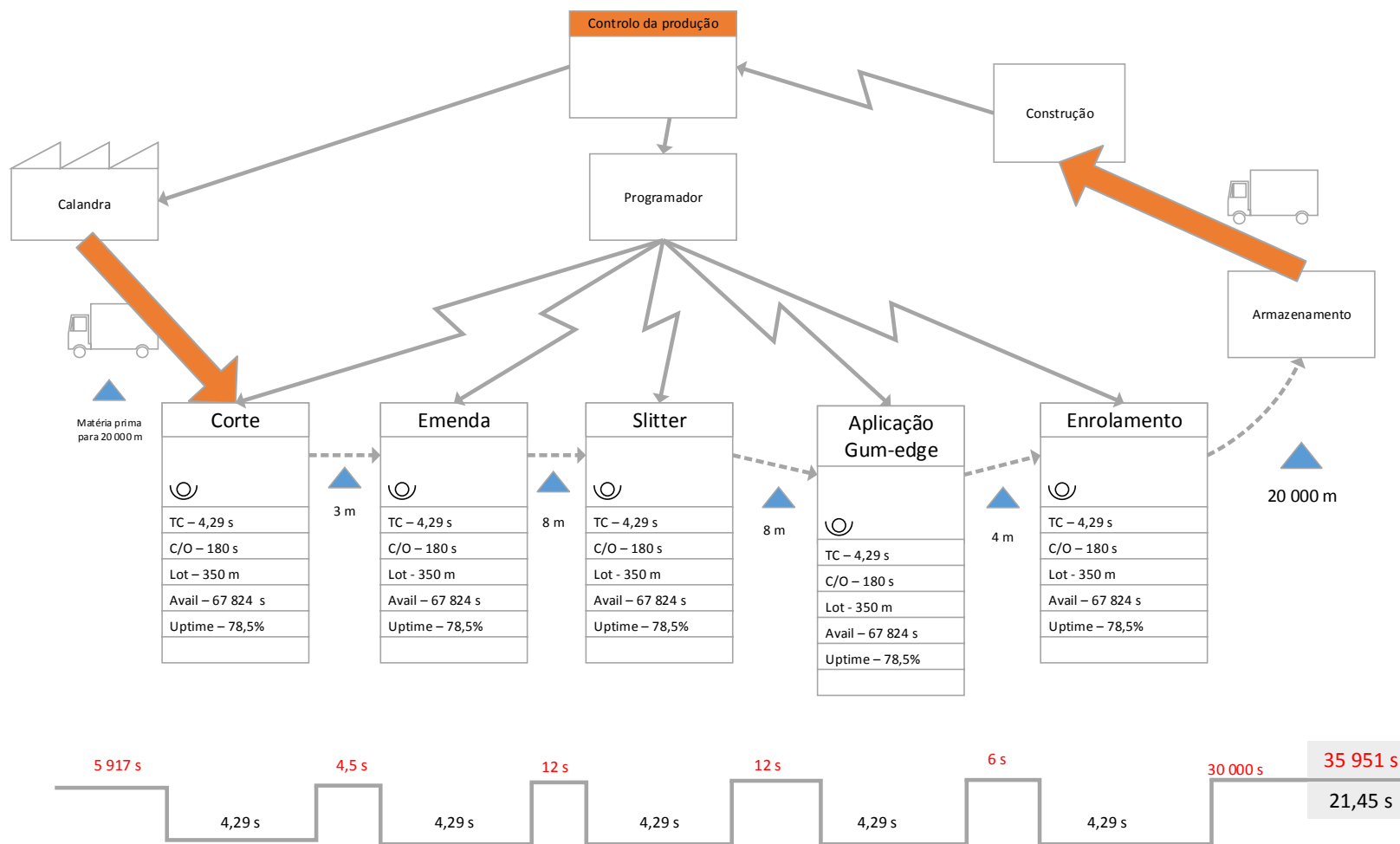


Figura 32 - Análise VSM do processo de corte

Os indicadores disponibilizados pelo programa de controlo e gestão da empresa indicaram 78,5 % de disponibilidade das máquinas, que diariamente representa cerca de 67824 s.

Cerca de 35 951 s é a quantidade de tempo perdido em atividades que não acrescentam valor, enquanto atividades que acrescentam valor representam um tempo de 21,45 s. Conclui-se então que é ainda possível reduzir bastante as atividades que não acrescentam valor.

### *3.2.3 Análise SWOT da operação atual*

A elaboração de uma análise SWOT surge com o intuito de melhorar a perceção sobre como o processo de corte está a operar, refletir sobre o que está bem e menos bem, ao mesmo tempo que se atenta em situações que podem ser melhoradas, mas que a rotina diária e a comodidade não nos permitem inferir.

A operação de corte metálico faz parte do processo de fabrico de pneus já a alguns anos e com isso traz uma grande consolidação do processo que aliada à organização e infraestrutura da empresa permitem nos dias de hoje alcançar elevada cadência e velocidade de produção. Por outro lado, estes fatores podem representar também fraqueza. O processo opera com máquinas bastante antigas, que apresentam um elevado desgaste, muitas ações de manutenção e substituição de componentes, que deixam sempre a sua marca. A elevada taxa de produção pode ser inibidora de níveis de qualidade ideais assim como de uma boa gestão e armazenamento do stock. A instabilidade provocada pelo material com que se trabalha, como já referido anteriormente pode também ser visto como um problema. Oportunidade de levar qualquer problema que se tenha em mente para estados mais elevados de evolução sempre existirão. Como tal a redução da taxa de sucata e de defeitos, aumento dos níveis de qualidade e estabilidade do processo são sempre pontos para tomar atenção no que toca a oportunidades. No que diz respeito a ameaças, são poucos os pontos a referir. Um aumento das quantidades de material a produzir poderá causar alguma entropia no processo tornando-o mais difícil de gerir e controlar. Uma outra ameaça poderá ser a alteração da estrutura e constituição do pneu, que provoque modificações no processo, mas que não se avista os próximos tempos.

Tabela 15 - Quadro Análise SWOT

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade do processo</li> <li>• Taxa de produção elevada;</li> <li>• Processo consolidado;</li> <li>• Infraestrutura e organização da empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volatilidade nas propriedades da borracha;</li> <li>• Método de armazenamento pouco eficiente;</li> <li>• Stock de material necessário muito elevado;</li> <li>• Elevada intervenção do operador no processo;</li> <li>• Máquinas com bastantes anos;</li> <li>• Falta de controlo das propriedades do produto</li> </ul>
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da taxa de <i>scrap</i>;</li> <li>• Redução da produção defeitos;</li> <li>• Melhoria dos índices de capacidade;</li> <li>• Melhoria da qualidade do produto;</li> <li>• Intensificar o processo de autocontrolo;</li> <li>• Aumentar os níveis de controlo do processo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração da estrutura do pneu;</li> <li>• Aumento da quantidade de material necessária.</li> </ul>

### 3.3 Definição do Problema

#### 3.3.1 Apresentação das máquinas

As máquinas de corte têm como função transformar o rolo de tecido metálico proveniente do processo de calandra, em *breaker 1* e *breaker 2*. Na Figura 33 apresenta-se um esquema que ajuda a uma melhor perceção do seu funcionamento. Nestas máquinas o rolo de tecido metálico é desenrolado e puxado para o interior da guilhotina de forma a ser cortado com a largura desejada. O corte cai então no primeiro *conveyor* (CV1) e é transportado pelo *conveyor 2* (CV2) até ficar praticamente encostado ao *breaker 0*, que se encontra no *conveyor 3* (CV3). É neste momento que é feita pelas carretilhas, a emenda entre o corte e o *breaker 0*. O *breaker 0* segue então até ao *slitter* onde é dividido em *breaker 1* e *breaker 2*. O último passo, antes do

material ser enrolado em cassetes é a aplicação da tira de envolver (*gum edge*). Os *loops* ao longo da máquina servem para armazenar ou disponibilizar material quando existem variações de velocidade e para que as paragens da máquina ocorram de forma mais suave.

O processo de corte metálico é realizado do mesmo modo a bastantes anos, no entanto a evolução tecnológica faz com que os modelos de máquinas mais recentes apresentem algumas alterações face a modelos anteriores. Além disso as ações de manutenção, assim como intervenções necessárias a um bom funcionamento do equipamento, aumentam ainda mais a diferença entre aparelhos. Desta forma é apresentado na Tabela 16 algumas das características que diferenciam as cinco máquinas de corte metálico a operar no processo.

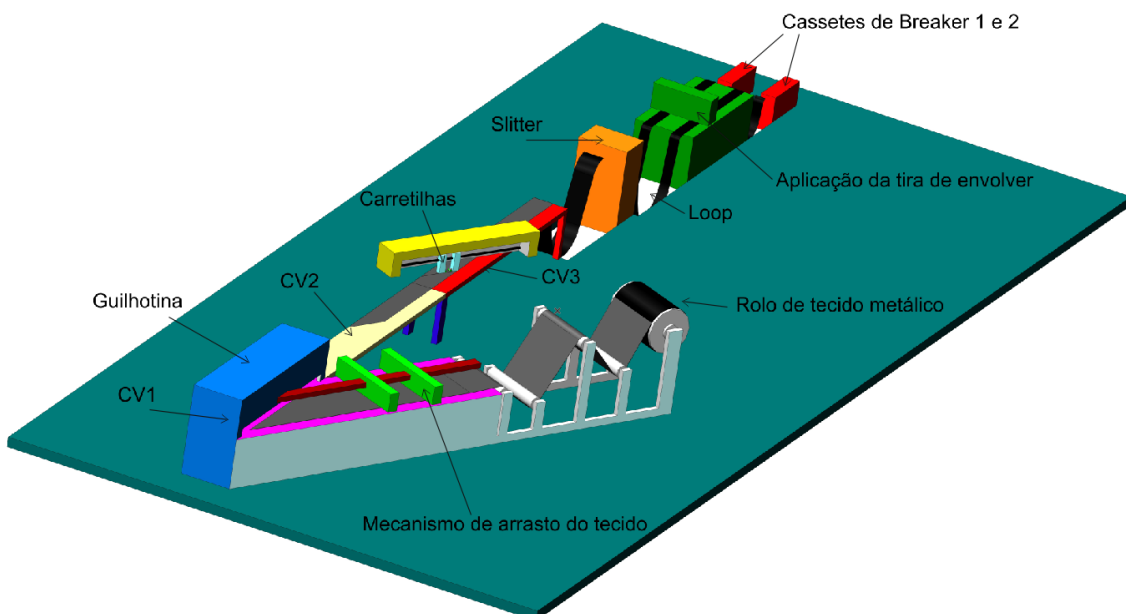


Figura 33 - Esquema de uma máquina de corte metálico

O ângulo de corte é definido pela localização do ângulo agudo na extremidade do rolo. Um exemplo fácil de perceber como é definida esta característica é o apresentado na figura anterior. Neste caso, podemos ver que o tecido que se encontra à entrada da guilhotina apresenta o ângulo agudo do lado esquerdo. É este o caso das máquinas 1, 2 e 3. A barra de teflon corresponde a uma solução encontrada pela engenharia de forma a contornar problemas de excesso de adesividade. Este ponto corresponde a uma barra de teflon colocada na contra lâmina superior para que no momento em que esta desce, o corte não fique agarrado. O material da lâmina, o número de cortes, assim como sistemas magnéticos e de ar comprimido colocados no *conveyor* 1, são pontos que diferenciam as máquinas. Foi também registado que as velocidades, acelerações e desacelerações dos *conveyors* apresentam valores distintos entre máquinas.

Tabela 16 - Caracterização das máquinas de corte

Caraterística	Fischer 1	Fischer 2	Fischer 3	Fischer 4	Fischer 5
<b>Carga percentual na produção</b>	17%	29%	30%	8,5%	15,5
<b>Angulo de corte</b>	Esquerdo	Esquerdo	Esquerdo	Direito	Direito
<b>Emenda do rolo</b>	Automática	Manual	Automática	Manual	Automática
<b>Sistema de arrasto do tecido</b>	Barras magnéticas	Barras magnéticas	Barras magnéticas	Barras magnéticas	<i>Gripper</i>
<b>Barra de teflon</b>	Sim	Não	Sim	Não	Não
<b>Tipo de lâmina</b>	Aço Duro	<i>Carbide</i>	<i>Carbide</i>	Aço Duro	<i>Carbide</i>
<b>Número de ciclos</b>	17 563	507 546	1 756 999	196 633	6 115 265
<b>Magnéticos no CV1</b>	Sim	Sim	Não	Sim	Não
<b>Ar comprimido no CV1</b>	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<b>Velocidade CV1 [mm/s]</b>	4030	4000	4035	2774	6000
<b>Velocidade CV2 [mm/s]</b>	4040	4090	4040	2774	--
<b>Velocidade CV3 [mm/s]</b>	4025	4050	4040	2791	4012
<b>Aceleração CV1 [mm/s<sup>2</sup>]</b>	15100	12170	13699	28250	12700
<b>Aceleração CV2 [mm/s<sup>2</sup>]</b>	11800	11771	13600	28250	---
<b>Aceleração CV3 [mm/s<sup>2</sup>]</b>	12300	12036	13400	30268	13500
<b>Desaceleração CV1 [mm/s<sup>2</sup>]</b>	15100	12170	13699	28250	12700
<b>Desaceleração CV2 [mm/s<sup>2</sup>]</b>	11800	11771	13587	28250	---
<b>Desaceleração CV3 [mm/s<sup>2</sup>]</b>	12300	12036	13400	30268	13500

### 3.3.2 Layout de equipamentos

O processo em estudo conta com 5 máquinas de corte e uma recuperadora que se encontram distribuídas segundo a Figura 34. Grande parte do espaço é ocupado pelo *stock* de material existente. Para trabalhar numa máquina de corte metálico o operador necessita de se deslocar desde o rolo até às estações de enrolamento. Esta configuração corresponde a uma distância de aproximadamente 20 metros, o que torna difícil para o operador controlar todo o percurso e processo do material.

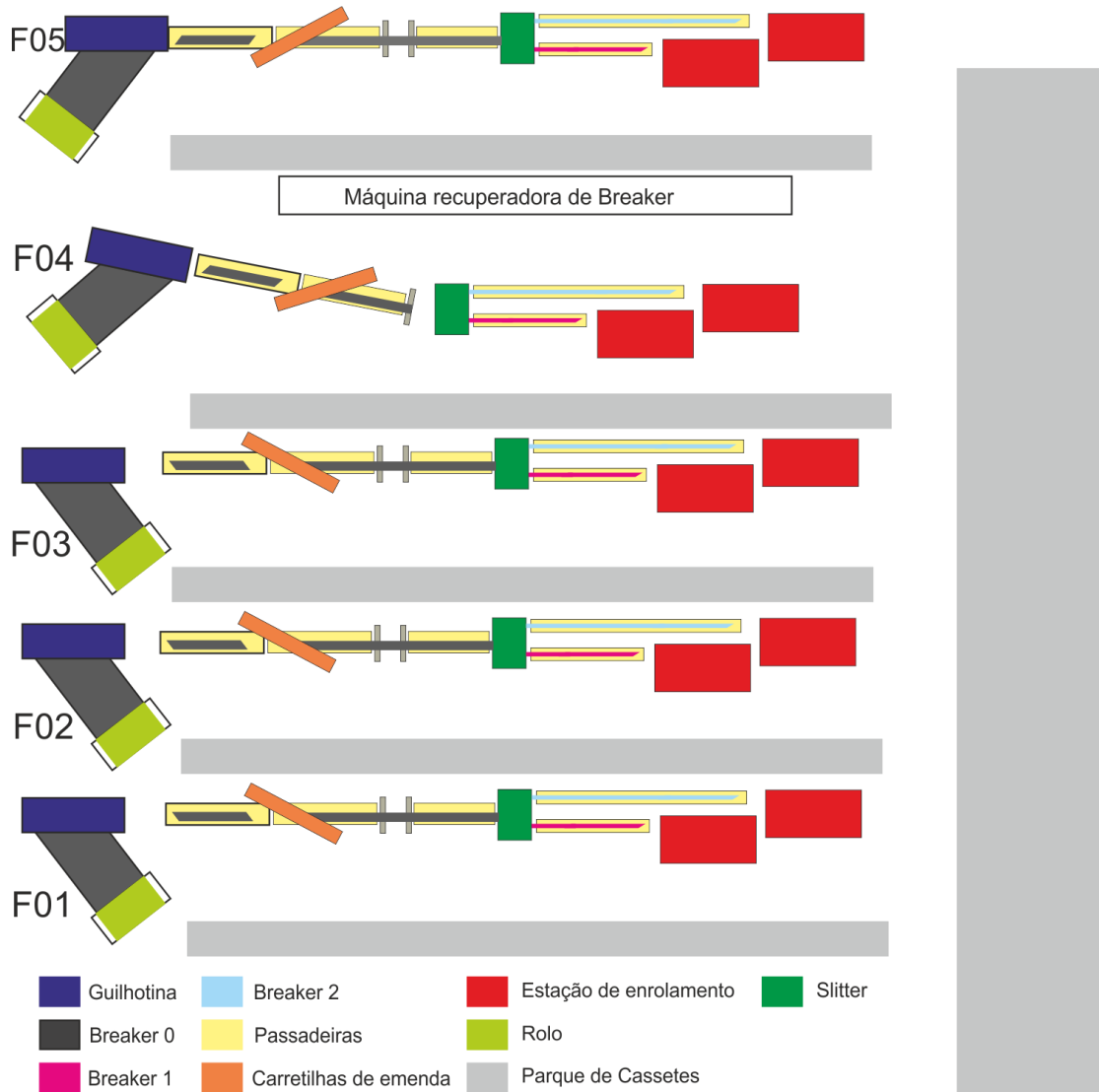


Figura 34 - Layout das máquinas de corte metálico

### 3.3.3 Apresentação da Imperfeição

O problema em estudo diz respeito a uma imperfeição que ocorre numa das etapas do processo de corte da cinta metálica. A imperfeição é designada por “degrau” e ocorre na emenda. Existe sempre um ligeiro desvio, entre o corte transportado pelo *conveyor* 2 e o *breaker* 0, mesmo que não seja visível a olho nu, no entanto, caso esse desvio seja superior a mais ou menos 1 mm, é considerado como uma imperfeição. Numa emenda entre dois cortes que apresentem exatamente a mesma largura, o degrau em módulo é igual dos dois lados.

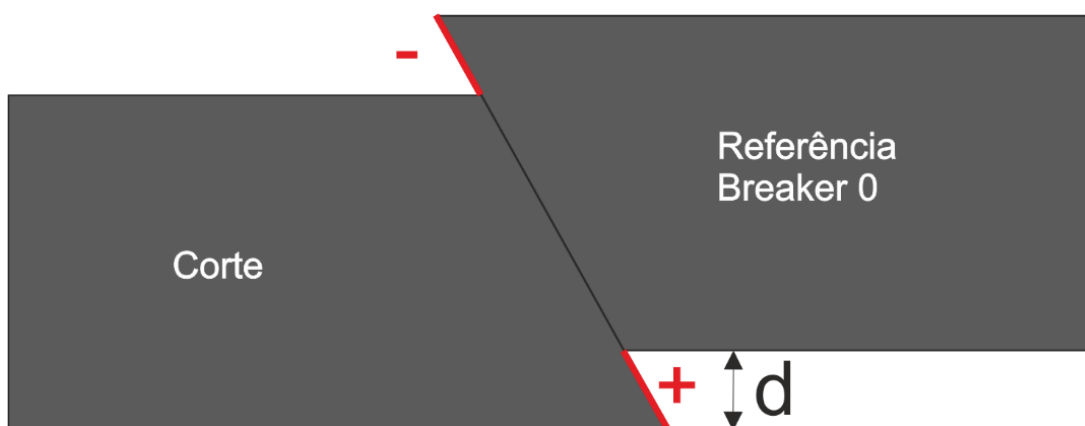


Figura 35 - Esquema da imperfeição "degrau"

### 3.3.4 Dificuldades no estudo da imperfeição

#### 3.3.4.1 Elevada variação do processo

No fabrico de pneus existe uma variação que é comum a todos os componentes e que está ligada ao tipo de material com que se trabalha. Um dos principais ingredientes da mistura é a borracha natural e por ser um material natural é difícil manter as suas propriedades entre valores estáveis. Quanto maior for a sua percentagem na receita do componente maior será a variação nas respetivas características, como é o caso do *breaker*.

O processo trabalha com 5 estilos de material como já foi referido (MHF 14 e 15, MPS 04 e 05 e MPO01). A juntar a isto existem aproximadamente 250 medidas que variam entre largura e angulo, provocando um comportamento da máquina diferente entre especificações.

#### 3.3.4.2 Tolerância

A tolerância máxima permitida para a imperfeição apresentada é de mais ou menos 1 milímetro. Importa referir que cada rolo que chega à máquina contém aproximadamente 450 metros de tecido metálico e um peso de aproximadamente

uma tonelada. Cada corte tem aproximadamente 3 metros de comprimento e entre 20 e 60 centímetros de largura. Após a descida da lâmina o corte é transportado por *conveyors* que o fazem avançar a velocidades de aproximadamente 4 m/s. Até à fase de emenda o material sofre bastantes contactos que o podem deformar, assim como o transporte que desde o momento de corte representa aproximadamente duas dezenas de metros. O relato feito tem como objetivo mostrar os níveis de qualidade exigidos.

#### *3.3.4.3 Morfologia do material*

O tipo de material torna também difícil o estudo da imperfeição, principalmente no que toca à sua medição. Por ser um material que se deixa deformar com facilidade o contacto durante a medição pode tornar-se um problema caso deforme o material. O posicionamento do aparelho de medição depende da sensibilidade de quem está a medir pois o material conforma-se à medida que é pressionado podendo levar à leitura de valores errados e sem significado.

#### *3.3.4.4 Método de medição*

A medição da imperfeição é feita com recurso a uma escala que tem como menor divisão 0,5 mm. A tolerância do processo apenas aceita desvios de mais ou menos 1 mm de cada lado da emenda. A princípio este método de medição não pareceu ser o mais adequado e esta averiguação é feita mais à frente.

### *3.4 Identificação das causas*

#### *3.4.1 Brainstorming e Diagrama Causa-Efeito*

De forma a que o estudo seguisse o melhor caminho, foi realizado como primeiro passo uma reunião com os chefes das áreas mais próximas, com mais interesse e entendimento sobre o problema a estudar. Como complemento, foram também recolhidos dados em chão de fábrica junto dos operadores, que todos os dias trabalham nas máquinas de corte. A informação recolhida permitiu-nos a elaboração do diagrama da Figura 36.

Como é possível observar, foi identificado pelos participantes um grande número de potenciais causas geradoras da imperfeição.

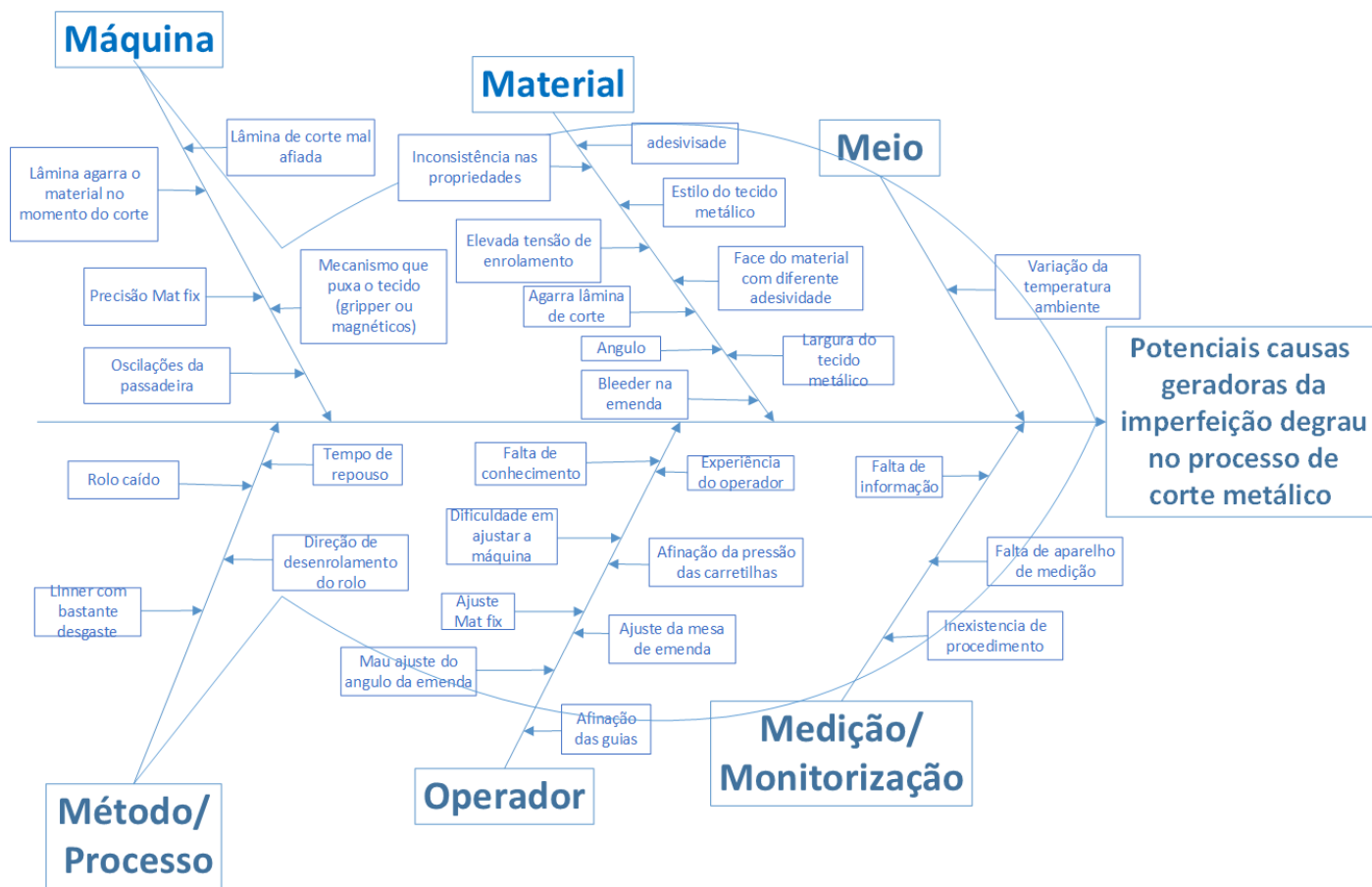


Figura 36 - Diagrama Causa-Efeito

### 3.4.2 Diagrama de Pareto

Depois de preenchido o diagrama de causa-efeito foi feita a classificação das causas recolhidas segundo o seu grau de importância e construiu-se o diagrama de Pareto que se encontra representado na Figura 37. Utilizou-se esta técnica para determinar quais as causas com mais responsabilidade no problema em estudo.

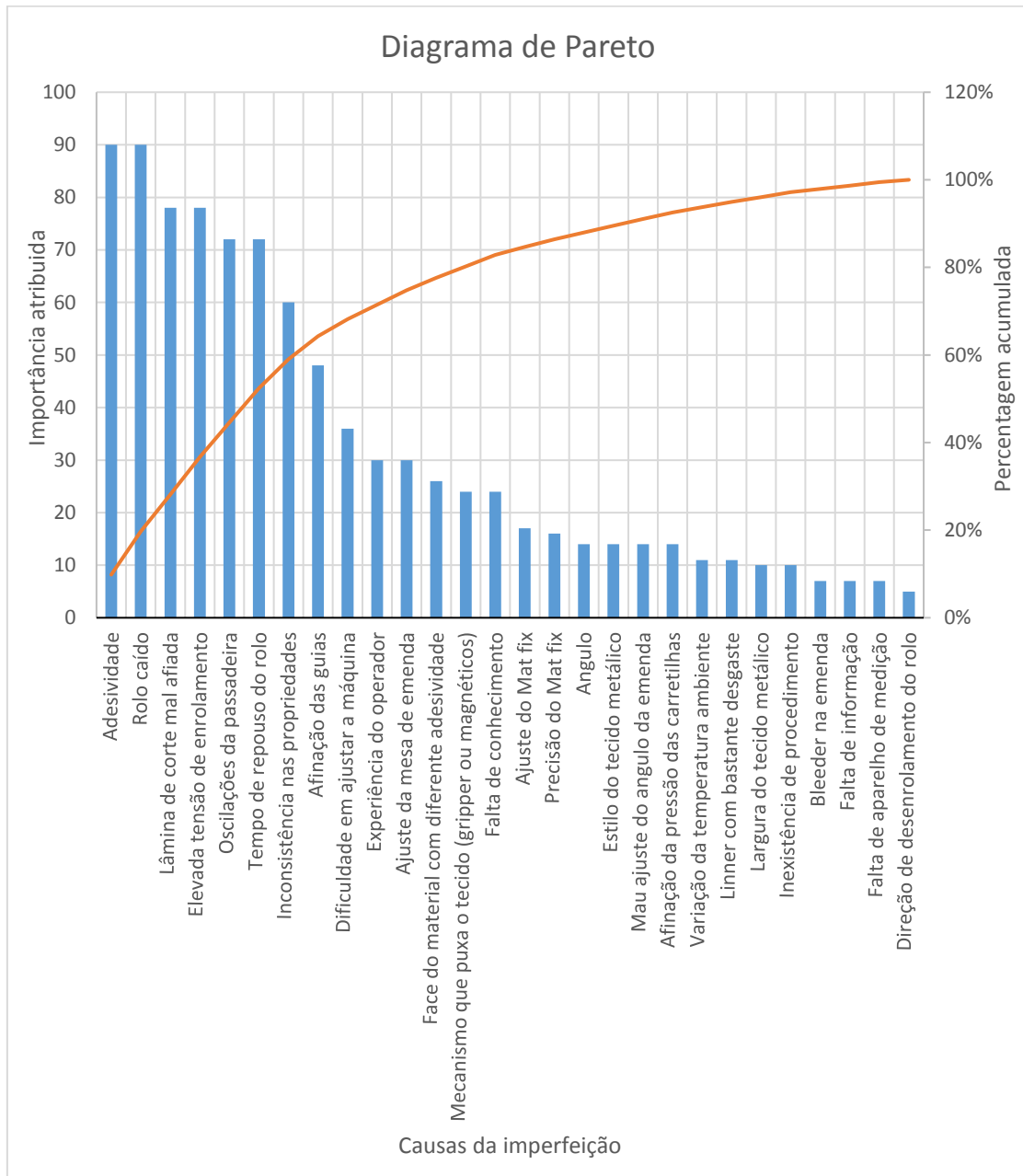


Figura 37 - Diagrama de Pareto

As causas identificadas como as mais preponderantes na geração da imperfeição apresentam-se listadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Lista das principais causas na geração da imperfeição

Causas Principais	
1	Adesividade
2	Rolo caído
3	Lâmina de corte gasta/ mal afinada
4	Elevada tensão de enrolamento
5	Oscilações das passadeiras de transporte
6	Tempo de repouso do rolo
7	Inconsistência nas propriedades
8	Afinação das guias
9	Dificuldade em ajustar a máquina
10	Experiência do operador
11	Ajuste da mesa de emenda
12	Face do material com diferente adesividade
13	Mecanismo que puxa o tecido ( <i>gripper</i> ou magnéticos)

### 3.5 Estudo MSA

#### 3.5.1 Testes R&R na Medição do degrau

Para que se tenha confiança nos resultados obtidos é também necessário que se tenha confiança na forma como se está a medir. Foi então feita uma avaliação ao sistema utilizado quando se iniciou o estudo e verificou-se que não era o mais adequado. A forma utilizada para medir a imperfeição está representada na Figura 38. Os resultados dos testes revelaram que o tipo de medição não era o mais adequado e os resultados estão representados na Tabela 18.

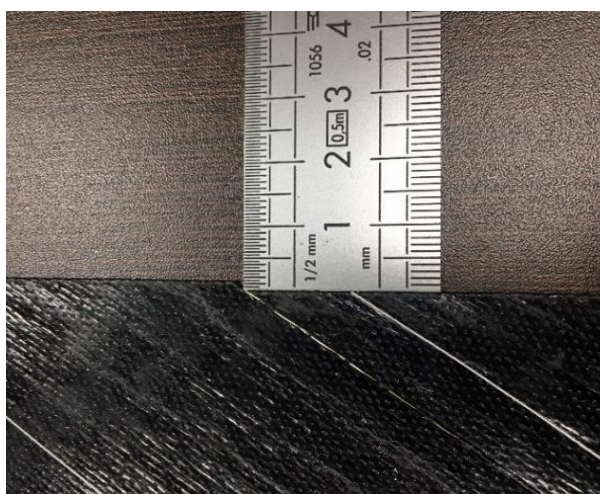


Figura 38 - Medição da imperfeição com escala

Tabela 18- Resultados dos testes R&amp;R para a medição com escala

Fonte	Desvio Padrão	Variação do estudo	% Var. do Estudo	% de Tolerância
<b>Total de RR da Medição</b>	0,14	0,86	11,53	43,30
<b>Repetibilidade</b>	0,14	0,86	11,53	43,30
<b>Peça a Peça</b>	1,24	7,45	99,33	373,00
<b>Variação Total</b>	1,25	7,51	100,00	375,50

A Figura 39 mostra o método proposto, que se revelou melhor que o primeiro, como se pode ver pela Tabela 19.



Figura 39 - Medição da imperfeição com paquímetro

Tabela 19 - Resultados dos testes R&amp;R para a medição com paquímetro

Fonte	D. Padrão [mm]	Variação do estudo	% Var. do Estudo	% de Tolerância
<b>Total de RR da Medição</b>	0,10	0,63	7,54	31,33
<b>Repetibilidade</b>	0,10	0,63	7,54	31,33
<b>Peça a Peça</b>	1,38	8,29	99,72	414,46
<b>Variação Total</b>	1,39	8,32	100,00	415,65

Em sistemas de medição utilizados para melhoria de processo é dito pelo programa utilizado para tratar os dados (Minitab) que o melhor indicador da sua precisão é a percentagem de variação e que esta deve ser inferior a 10%. Para validação do sistema, e como este apenas seria utilizado por 1 operador, os testes desprezam os

valores de reprodutibilidade. No final o sistema proposto mostrou ser melhor que o primeiro e cumprir com os requisitos.

### 3.6 Verificação do estado inicial do processo

De forma a ter uma base de comparação com momentos futuros, foi feita uma caracterização inicial do processo. Para isso, foram recolhidas 33 amostras de *breaker* 2 com 15 elementos cada e construíram-se as cartas de controlo das médias (Figura 40) e do desvio padrão (Figura 41). A recolha de dados foi feita de modo a que representasse a população em estudo, como tal recolheram-se amostras tendo em conta a quantidade produzida por cada máquina e a demanda de cada material. A carga percentual por material e por máquina apresenta-se na Tabela 20 referente à população e na Tabela 21 referente ao espaço amostral.

Tabela 20 - Carga percentual por estilo e por máquina, da população

<b>MPO01</b>	<b>MPS04</b>	<b>MPS05</b>	<b>MHF14</b>	<b>MHF15</b>
3%	71%	22%	2%	3%
<b>F01</b>	<b>F02</b>	<b>F03</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>
17,25%	29,4%	30,07%	8,56%	15,63%

Tabela 21 - Carga percentual por estilo e por máquina, do espaço amostral

<b>MPO01</b>	<b>MPS04</b>	<b>MPS05</b>	<b>MHF14</b>	<b>MHF15</b>
4%	63%	25%	4%	4%
<b>F01</b>	<b>F02</b>	<b>F03</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>
16,67%	25,0%	33,3%	16,67%	8,33%

Como é possível observar na Figura 40 e na Figura 41, existe um elevado número de pontos fora dos limites de controlo em ambas as cartas. Excluíram-se os pontos fora de controlo e recalcularam-se os limites de controlo, mas a situação não se modificou. O processo está fora de controlo e nesta situação não faz sentido calcular os índices de capacidade do processo.

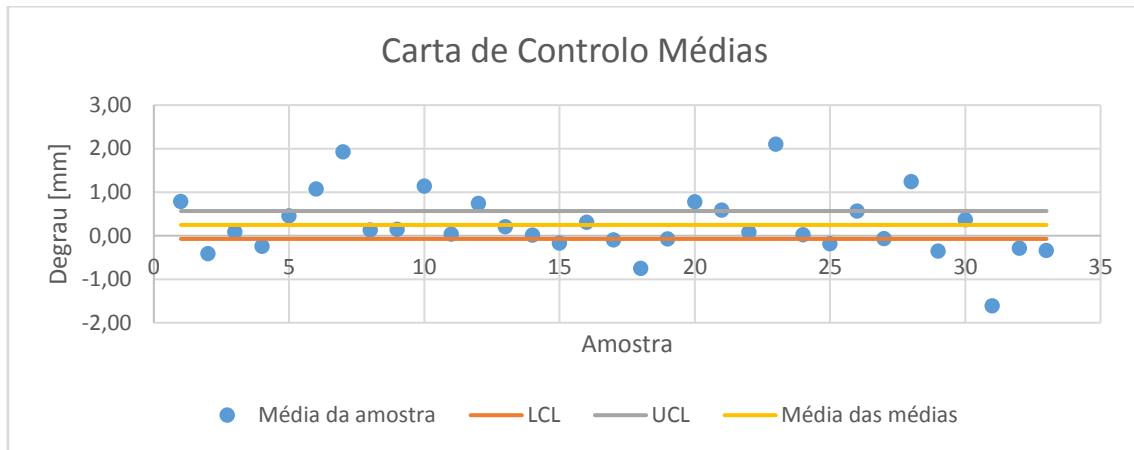


Figura 40 - Carta de controlo das Médias

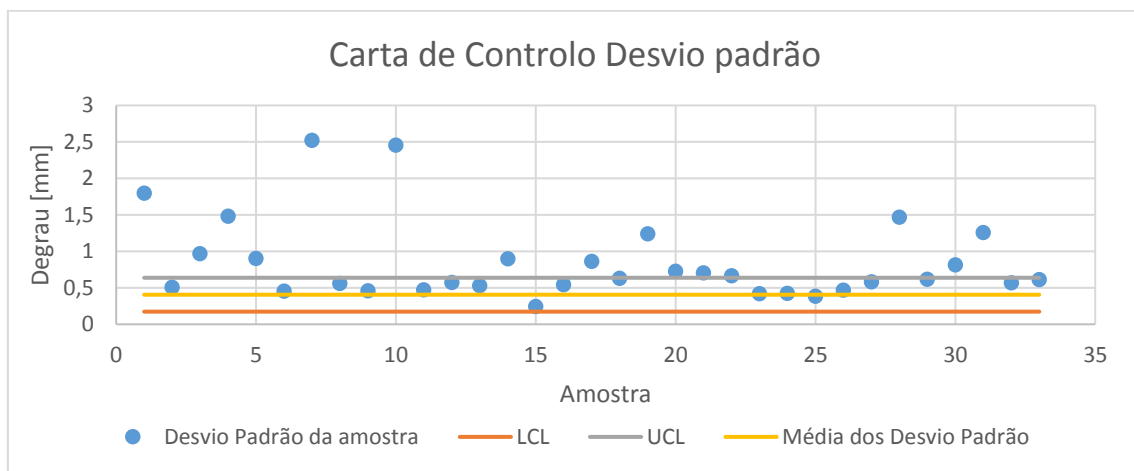


Figura 41 - Carta de controlo do Desvio Padrão

A escolha das cartas de controlo das médias e do desvio padrão, justifica-se pelas características da variável e pelo tamanho da amostra, nomeadamente:

- Variável contínua;
- Tamanho da amostra = 15 elementos.

Uma máquina de corte trabalha tanto melhor, quanto mais baixa for a diferença entre o degrau máximo e mínimo. Desta forma, utilizando os dados recolhidos para a construção das cartas de controlo, calculou-se a amplitude média das amostras representativas de cada máquina. Os resultados estão apresentados na Tabela 22 e revelam que a máquina 5 apresenta a amplitude mais baixa. Esta máquina foi a adquirida mais recentemente e é a que apresenta mais diferenças em relação às restantes.

Tabela 22 - Amplitude média por máquina nas amostras da avaliação inicial

	F01	F02	F03	F04	F05
<b>Amplitude média [mm]</b>	2,81	2,40	4,47	2,67	2,23

Apesar de ser uma comparação injusta, devido às diferenças entre máquinas, apresentadas anteriormente na Tabela 16, estes valores são dados que acrescentam informação sobre o estado de laboração atual.

### 3.6.1 Distribuição

A população em estudo apresenta uma distribuição normal, como se pode ver pela Figura 42.

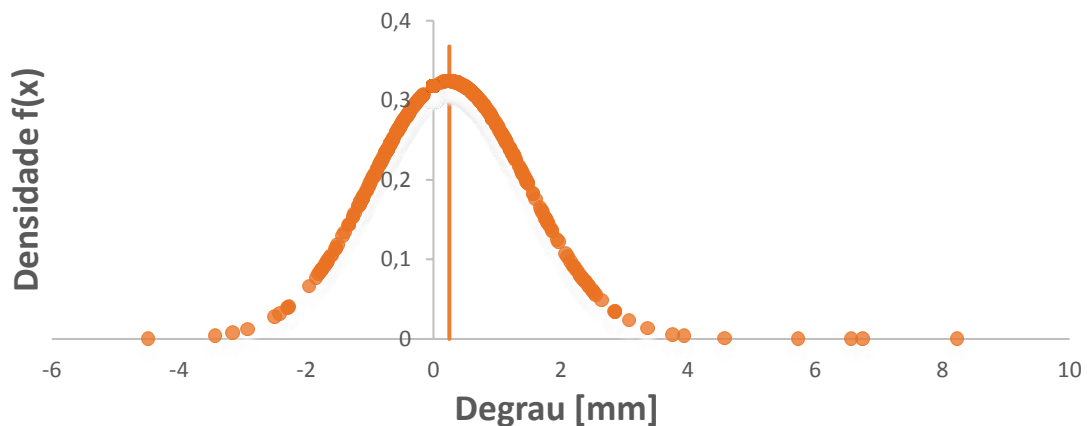


Figura 42 - Distribuição da população

Os dados recolhidos mostram um ligeiro desvio positivo, que é provocado pelo operador de forma a evitar a abertura da emenda à medida que o material percorre a máquina. A abertura da emenda por este fator ocorre no *breaker 0* e é provocada por um desvio positivo e exagerado do lado do *breaker 2* quando este passa entre os rolos centradoreis.

## 3.7 Método de Taguchi

### 3.7.1 Escolha dos fatores a avaliar

Da lista de causas recolhidas e apresentadas na Tabela 17, verificou-se que muitas delas representavam o mesmo problema. Por exemplo as causas 1,2,3 e 8 representam a adesividade pois o material só agarra à lâmina, ou vice-versa caso este apresente elevada adesividade, assim como o tempo de repouso que quanto maior for, menos adesivo será o material.

O ponto 4 é uma das causas da origem da imperfeição, pois o armazenamento dos rolos é feito num *paternoster* e caso haja uma queda a deformação do material origina dificuldades no processo de corte. Por ser um problema pontual não faz sentido contemplar esta causa num desenho de experiências.

A lâmina de corte mal afinada é também um fator difícil de incluir por ser um fator bastante subjetivo. A indicação de quanto uma lâmina está bem afiada é um parâmetro que não é quantificável. Poderia ser definido pelo número de ciclos, mas mesmo assim seria errado utilizá-lo porque ter uma lâmina com menos cortes não quer dizer que esta corte melhor. O material a cortar, a pressão aplicada e as afinações feitas são fatores de definem o tempo de vida de uma lâmina. Para se definir pelo menos dois níveis para este fator seria necessário existirem duas lâminas disponíveis, uma a cortar bem e outra a cortar mal. No entanto, estas lâminas são extremamente caras, o seu afiamento é feito fora do país e a substituição nas máquinas também leva o seu tempo, o que implicaria perdas de produção. Por todas as razões referidas decidiu-se não incluir este fator na metodologia Taguchi.

A causa número 6 é uma característica diretamente relacionada com o processo de calandra, que é o processo anterior ao corte. Neste processo as tensões que o material apresenta é resultado essencialmente do *creel* onde o material é calandrado e da pressão ajustada manualmente.

A causa número 7 é uma característica da máquina para a qual não se consegue estabelecer níveis e, portanto, não faz sentido avaliar nesta técnica de DOE.

Tal como já foi dito anteriormente a borracha é um material com características muito voláteis e até ao momento não se consegue manter as suas propriedades entre intervalos muito restritos. Como tal a realização dos experimentos tem de ser feita nas condições e níveis de desenvolvimento que a indústria nos consegue fornecer neste momento.

As últimas 4 causas listadas dizem respeito à habilidade do operador em trabalhar com a máquina.

Em suma podemos definir como principais causas e as que fazem sentido abordar num DOE as listadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Lista de causas a contemplar no desenho de experiências

<b>Causas a Contemplar no Desenho de Experiências</b>	
1	Adesividade
2	Tensão
3	Operador

### 3.7.2 Escolha dos níveis para cada fator

Para cada fator é necessário estabelecer níveis. Ou seja, valores para os quais vai ser feito o estudo. De forma a ser possível executar a experiência, poupar recursos e evitar perder o mínimo de tempo de produção foram estabelecidos dois níveis para cada fator (Tabela 24). Para a adesividade estabeleceu-se um valor alto e um baixo. O valor alto de adesividade corresponde a rolos calandrados seguindo o procedimento habitual, enquanto o valor baixo corresponde a rolos que são escovados durante o processo de calandra, retirando-lhe assim alguma adesividade. Relativamente à tensão definiu-se um nível como sendo o *creel* inferior e outro como sendo o *creel* superior. No que diz respeito ao fator operador, foi definido um operador para cada nível.

Tabela 24 - Níveis para cada fator

<b>Fator</b>	<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>
<b>Adesividade</b>	Rolo não escovado	Rolo escovado
<b>Tensão</b>	<i>Creel</i> inferior	<i>Creel</i> Superior
<b>Operador</b>	Operador X	Operador Y

### 3.7.3 Escolha da matriz

Foi definido um desenho de 4 experiências, que corresponde à quantidade mínima possível para realizar o experimento. A escolha desta configuração permitiu interferir o menos possível com a normalidade do processo. Na Tabela 25 apresenta-se os níveis definidos para cada experiência.

A realização das experiências foi feita pela ordem apresentada na tabela anterior de forma a que a sua sequência não criasse tendências nos resultados. Utilizando a

técnica de *blocking*, foram recolhidos os rolos necessários para realizar os testes de forma seguida para que apresentassem o mínimo de variação entre eles.

Tabela 25 - Configuração das experiências

Nº Experiência	Adesividade	Tensão	Operador
1	Rolo não escovado	<i>Creel</i> inferior	Operador x
2	Rolo não escovado	<i>Creel</i> superior	Operador y
3	Rolo escovado	<i>Creel</i> inferior	Operador y
4	Rolo escovado	<i>Creel</i> superior	Operador x

Através do *software* Minitab, analisou-se o experimento e obteve-se o gráfico representado na Figura 43 onde se apresentam os resultados obtidos através da aplicação da metodologia de Taguchi. Foi utilizada como variável de resposta a amplitude das amostras recolhidas, pretendendo-se encontrar a melhor configuração para “quanto menor melhor”. A identificação dos dados apresentados no gráfico é feita pela Tabela 26.

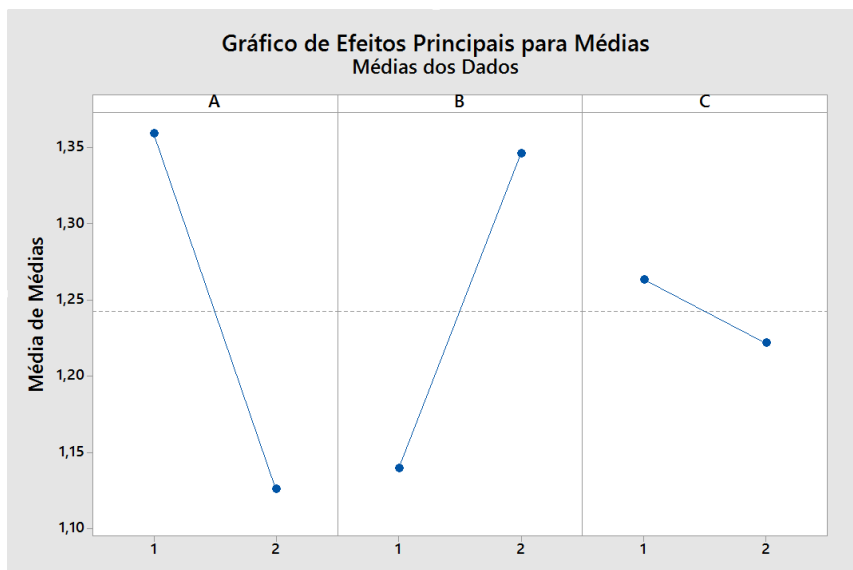


Figura 43 - Resultados DOE

Tabela 26 - Identificação de fatores e níveis

Níveis	Fatores		
	A - Adesividade	B – <i>Creel</i>	C - Operador
1	Alta	Inferior	Operador x
2	Baixa	Superior	Operador Y

A interferência que o fator tem com o valor da resposta está relacionada com o declive da reta. Desta forma pode afirmar-se que o fator com mais importância é a adesividade do material, o segundo fator com mais influência é o *creel* onde o material é calandrado e por último observa-se que o operador apresenta a menor influência no valor da resposta. A melhor configuração apresenta-se na Tabela 27. Em seguida são apresentados alguns estudos feitos aos parâmetros identificados como mais influentes.

Tabela 27 - Melhor configuração segundo o método de Taguchi

Parâmetro	Melhor Configuração
Adesividade	Baixa
<i>Creel</i>	Inferior
Operador	Operador Y

### 3.8 Estudo da Adesividade do Material

#### 3.8.1 Recolha de dados do histórico de adesividade

O primeiro passo no estudo da adesividade foi a recolha de dados relativamente aos valores obtidos durante o último ano. Foram analisados os 5 estilos metálicos em produção, cada um com diferente número de amostras devido à percentagem que representa na produção. Pela análise da Figura 44 até à Figura 48 e com a ajuda da linha de tendência de média a dois pontos, representada a vermelho, pode-se constatar que a adesividade diminuiu ao longo do último ano, o que é favorável ao processo segundo os resultados obtidos anteriormente pelo DOE. Vê-se também pelos gráficos que existe uma grande variação de valores entre as amostras recolhidas.

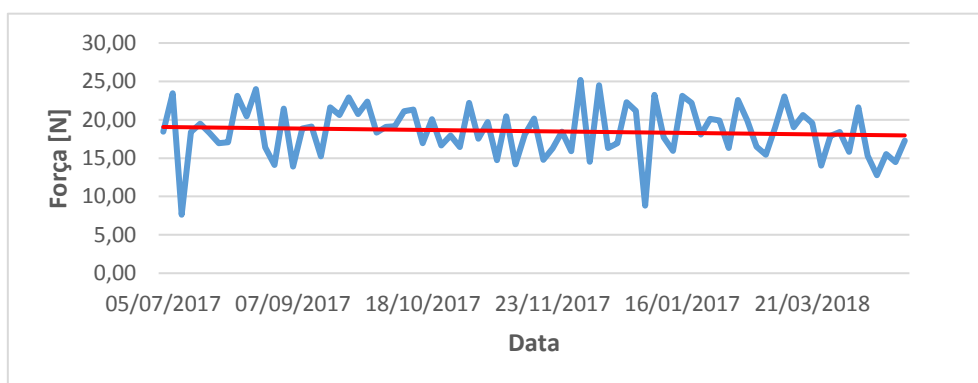


Figura 44 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MHF15

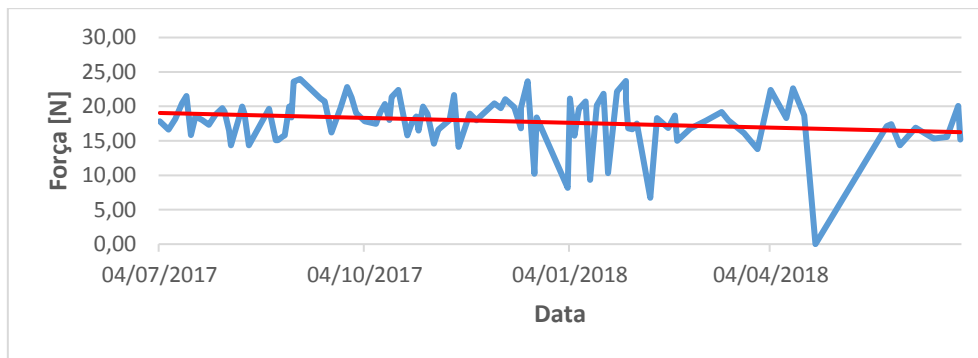


Figura 45 - Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MHF14

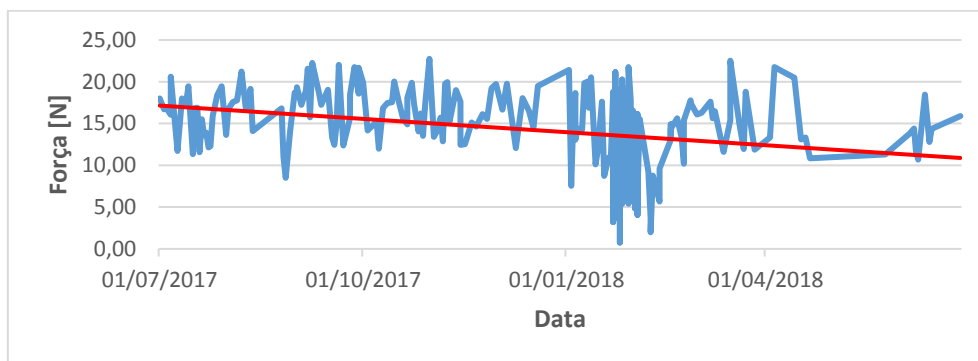


Figura 46 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MPS05

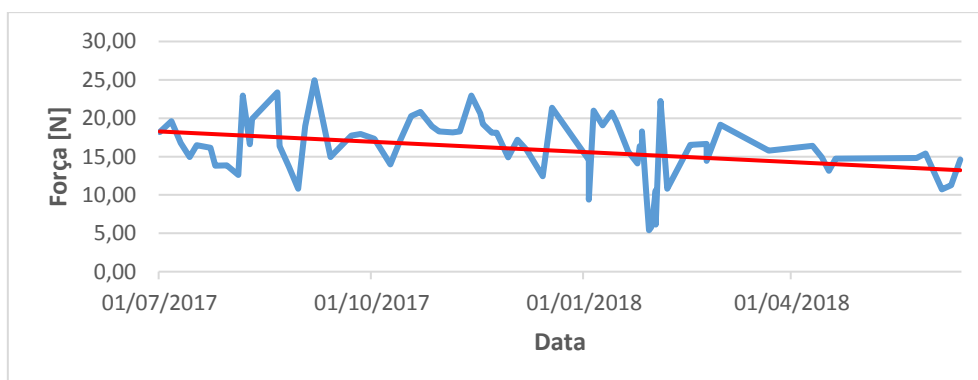


Figura 47 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MPS04

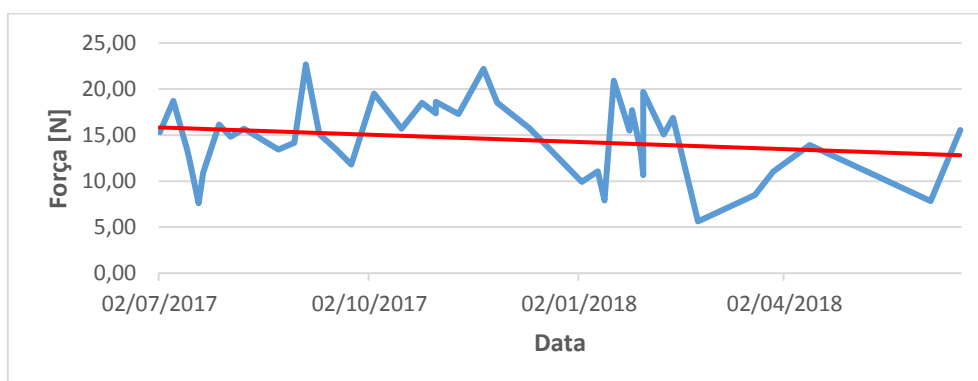


Figura 48 – Histórico de adesividade dos últimos 12 meses do estilo MPO01

### 3.8.2 Avaliação da adesividade ao longo do rolo

De forma a perceber se durante o processo de corte do mesmo rolo a máquina trabalha segundo as mesmas condições, fez-se uma avaliação da adesividade no início de 8 rolos e mediu-se novamente no final. Os resultados estão representados na Figura 49 e mostram que a adesividade diminui ao longo do rolo. A diferença de valores entre o início e fim dos rolos é aproximadamente constante. Importa referir que foram analisados 8 rolos, 4 de cada *creel*. Os 4 primeiros são rolos do *creel* superior e os rolos 5 a 8 são rolos do *creel* inferior. Existe uma diferença considerável entre rolos, mesmo sendo estes recolhidos de forma contínua. Esta diferença mostra-se mais acentuada no final dos rolos do *creel* superior.

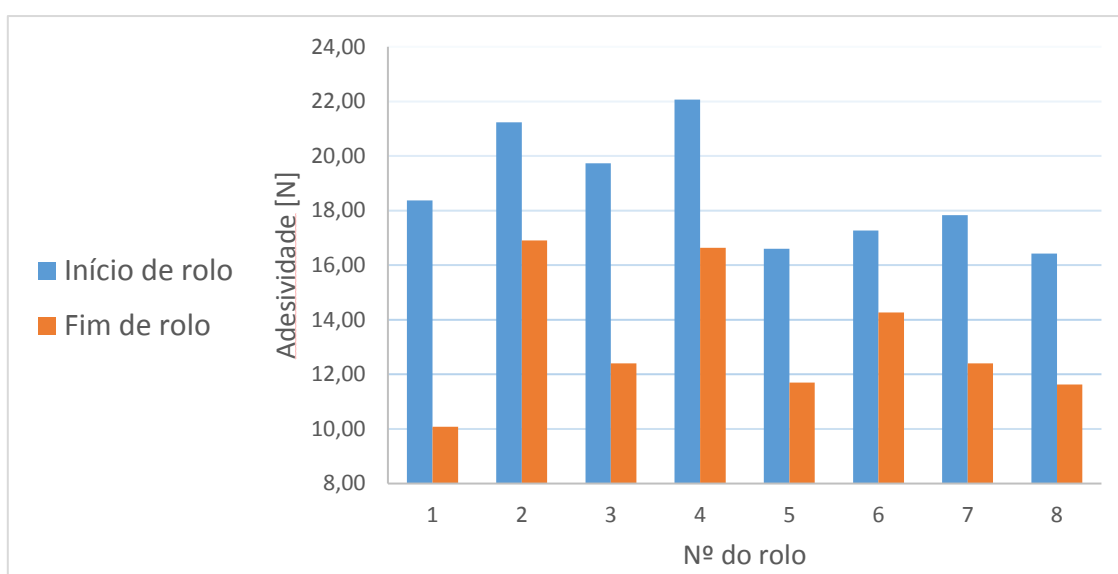


Figura 49 - Comparação de adesividade entre início e fim de rolo

Os estudos e avaliações realizadas a este parâmetro permitem-nos inferir em primeiro lugar que os seus valores têm vindo a diminuir ao longo do último ano. É também possível afirmar que existe uma grande volatilidade quer entre amostras recolhidas durante o plano de controlo do processo, quer entre os rolos analisados. Os testes mostram também que a adesividade diminui ao longo do rolo. Em suma, pode-se concluir que esta característica não é constante nem controlada.

## 3.9 Estudo da Tensão do Material

### 3.9.1 Caracterização do *creel* superior e inferior

Segundo os resultados obtidos pelo DOE, a melhor configuração de trabalho é com o *creel* inferior. De forma a perceber quais as razões que tornam este *creel* melhor do que o superior, fizeram-se alguns estudos e averiguações que os permitem comparar.

A Tabela 28 apresenta uma lista de características que permitem desde já perceber a diferença entre os dois mecanismos.

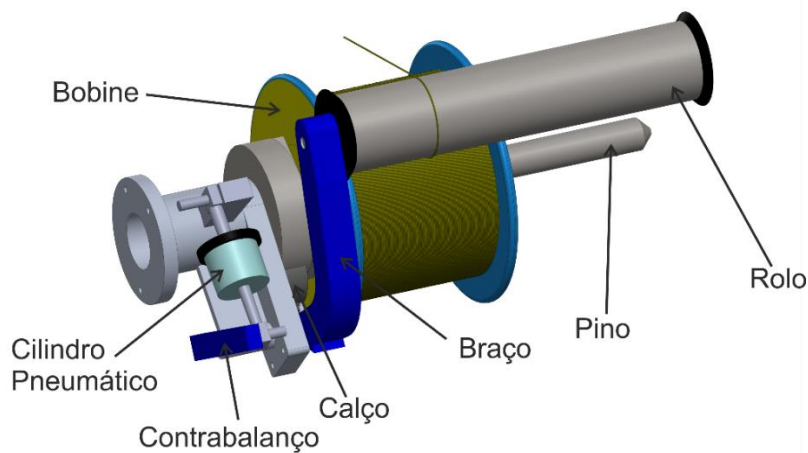
Tabela 28 - Comparação entre *creel* inferior e superior

<b>Caraterística</b>	<b><i>Creel</i> inferior</b>	<b><i>Creel</i> superior</b>
<b>Localização</b>	Piso 0	Piso 1
<b>Princípio de travagem</b>	Dinâmico	Estático
<b>Ajuste de pressão</b>	Manual	Manual
<b>Nº de Posições</b>	1200	1456
<b>Distribuição do ar</b>	2 zonas	4 zonas
<b>Circulação de ar</b>	Estrutura do <i>creel</i>	Tubo de aço

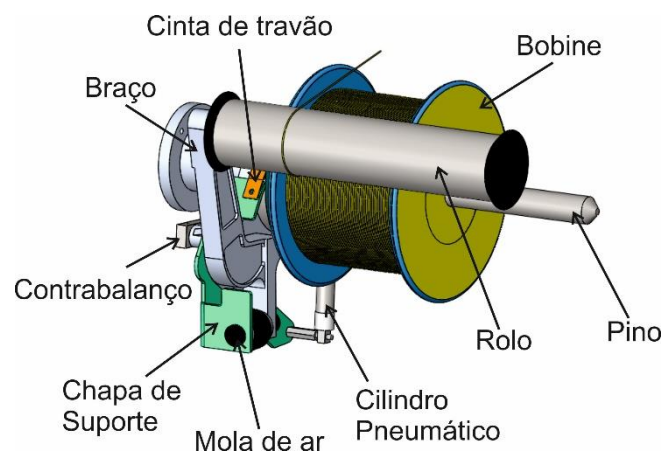
A primeira comparação feita é relativamente à localização do *creel* pois o facto de um *creel* estar no piso superior faz com que a corda aí desenrolada tenha de percorrer um trajeto maior e conseqüentemente mais contactos o que significa mais atritos.

Nos dois *creels* a regulação do ar é feita de forma manual, no entanto a distribuição no superior é feita por 4 zonas, enquanto no inferior é feita por 2. A juntar a este facto é importante referir que no *creel* inferior o ar circula na sua estrutura facilitando a distribuição pelas posições. Em contrapartida a forma como o ar é distribuído no *creel* superior resulta num emaranhado de fios e uniões que aumentam a possibilidade de fugas e dificultam a manutenção.

Relativamente ao mecanismo, apresenta-se na Figura 50 um esquema do sistema que opera no *creel* inferior. Tal como no *creel* superior, o fio que se encontra enrolado na bobine é puxado pela calandra passando pelo rolo que está fixo ao braço. A bobine é suportada por um pino, acoplado a um tambor, onde é aplicado o momento de travagem, através de um calço. Neste caso o momento de travagem diminui à medida que o braço avança, resultado da tração aplicada ao fio. O cilindro pneumático que se vê na imagem é responsável pela pressão aplicada no calço.

Figura 50 - Mecanismo *creel* inferior

Em contrapartida, no *creel* superior, como se pode observar pela Figura 51, o momento de travagem é constante e aplicado pela tração de uma cinta de travão através de um cilindro pneumático. Existe também uma mola de ar que absorve alguma oscilação que possa existir no braço. É um componente obsoleto, proveniente de alterações mecânicas feitas anteriormente, mas que não foi retirado e neste momento apenas permite fazer algum amortecimento.

Figura 51 - Mecanismo *creel* superior

### 3.9.2 Teste *Tip-rise*

O estudo do segundo fator com mais influencia no defeito segundo o DOE, a tensão, começou com o teste *tip-rise*. O teste *tip-rise* consiste em cortar 1 metro corrido de tecido calandrado, dividi-lo em tiras e encostá-las a uma superfície vertical. Quando encostadas à superfície as tiras terão tendência a empurrá-la ou afastar-se dela e a sua tensão será tanto maior quanto maior for o seu afastamento da superfície, como se pode ver pela Figura 52. Foram registados os valores para ambas as faces do material, lado operador e lado calandra, (Figura 53), e avaliou-se o início e o fim do rolo.

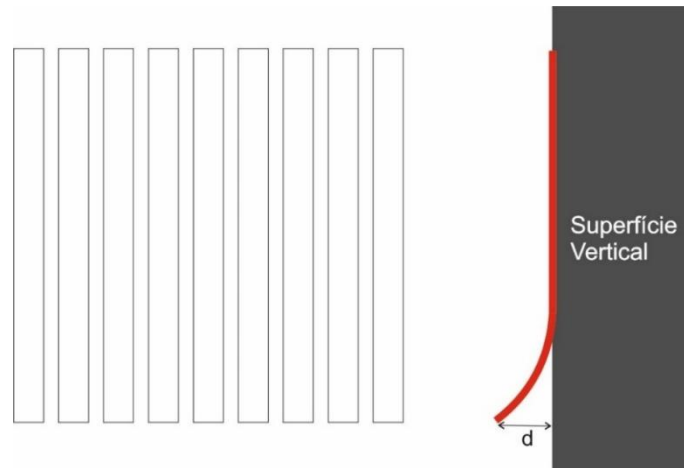
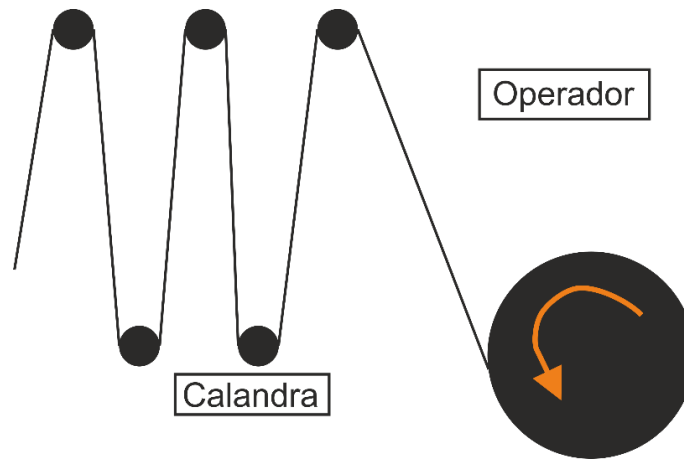
Figura 52 - Esquema do teste *tip-rise*

Figura 53 - Esquema do enrolamento na calandra

Os resultados dos testes encontram-se em Anexo I. Para melhor percepção são apresentados em seguidas dois testes em material do *creel* superior, Figura 55 e Figura 56, e em seguida dois do *creel* inferior, Figura 57 e Figura 58. A linha a azul representa o afastamento quando o lado “calandra” está encostado à parede e a linha laranja representa o afastamento do lado oposto. Os valores do afastamento quando o lado “operador” se encontra encostado à parede foram colocados como negativos apenas para melhor percepção dos resultados. Observou-se bastante repetibilidade de resultados para ambos os *creels*. Na Figura 54 mostra-se como é distribuída a pressão ao longo da largura do rolo.

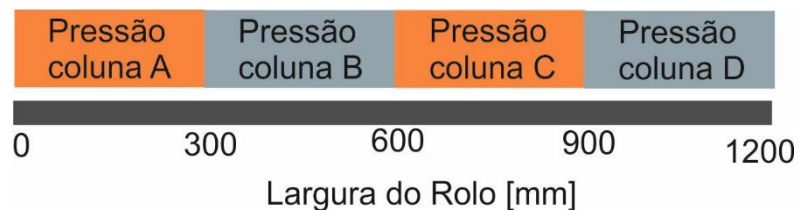


Figura 54 - Distribuição da pressão pela largura do rolo

Para o mesmo rolo, o perfil observado no início repete-se na quase totalidade das situações no final do rolo, regra geral apenas se observa um ligeiro aumento de tensão. Quando o rolo está cheio o seu diâmetro é de aproximadamente 1 metro, enquanto a caneleira tem aproximadamente 40 centímetros de diâmetro.

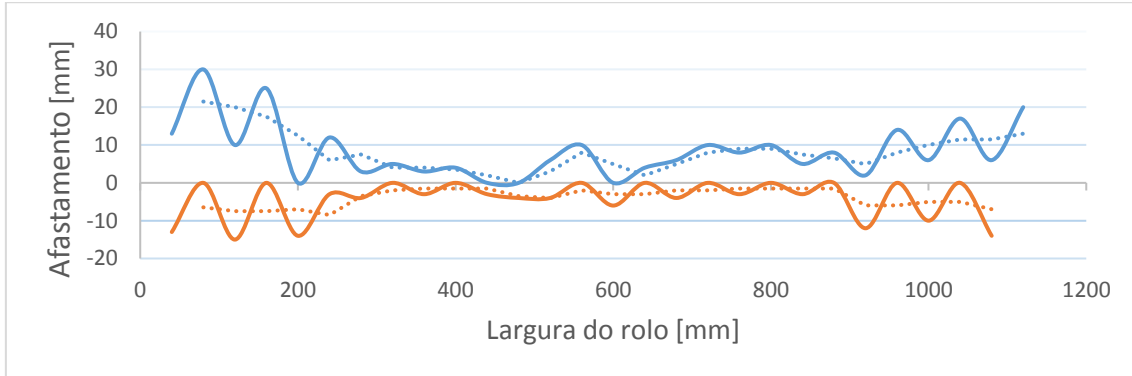


Figura 55 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 1, *creel* superior

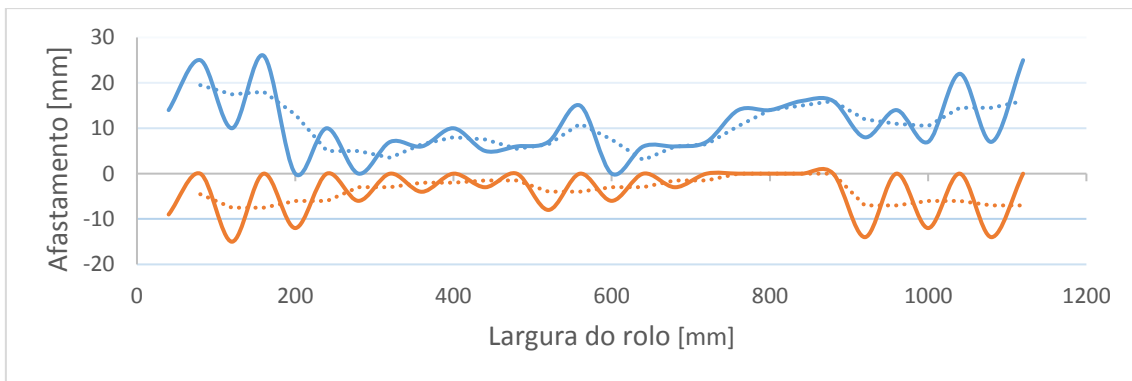


Figura 56 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 1, *creel* superior

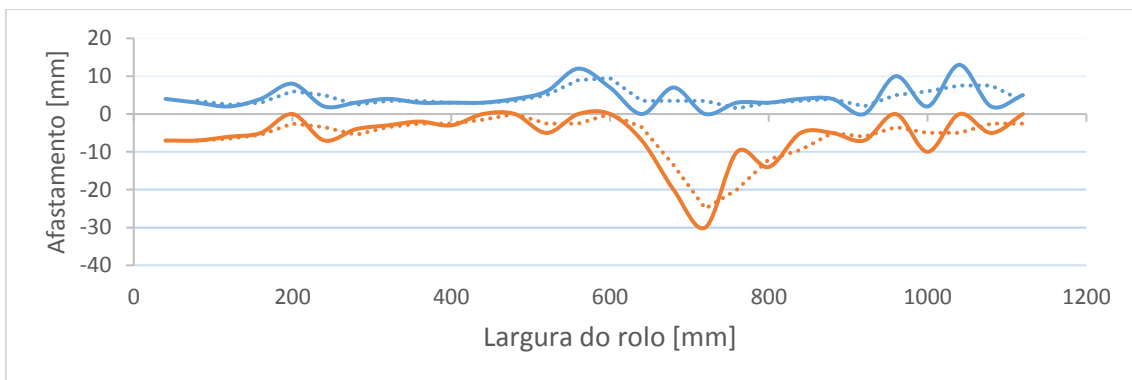


Figura 57 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 5, *creel* inferior

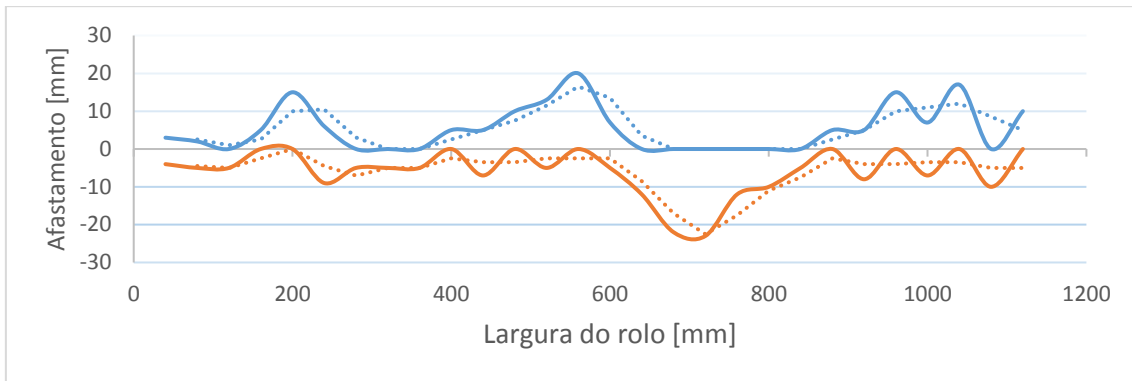


Figura 58 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 5, *creel* inferior

O material mais próximo da caneleira é obrigado a deformar-se mais, para se ajustar à forma de armazenamento. A acrescentar a isto, a sobreposição de camadas durante o enrolamento aumenta a carga aplicada ao material e será tanto maior, quanto mais próximo o material estiver da caneleira. Desta forma é facilmente explicável o aumento de tensão no fim do rolo observado nos testes. No *creel* superior os resultados mostram que o material apresenta mais tensão nos extremos do rolo.

### 3.9.3 Medição da tensão nas cordas

De forma a perceber se o perfil observado nos testes de *tip-rise* está relacionado com a tensão nas cordas fizeram-se medições diretamente nas cordas de aço com um aparelho adequado para o efeito designado por tensímetro. Fizeram-se também medições no interior da sala do *creel* e no exterior com o objetivo de perceber se o percurso efetuado pela corda tem influência na tensão. Os resultados obtidos estão representados na Figura 59 a Figura 62.

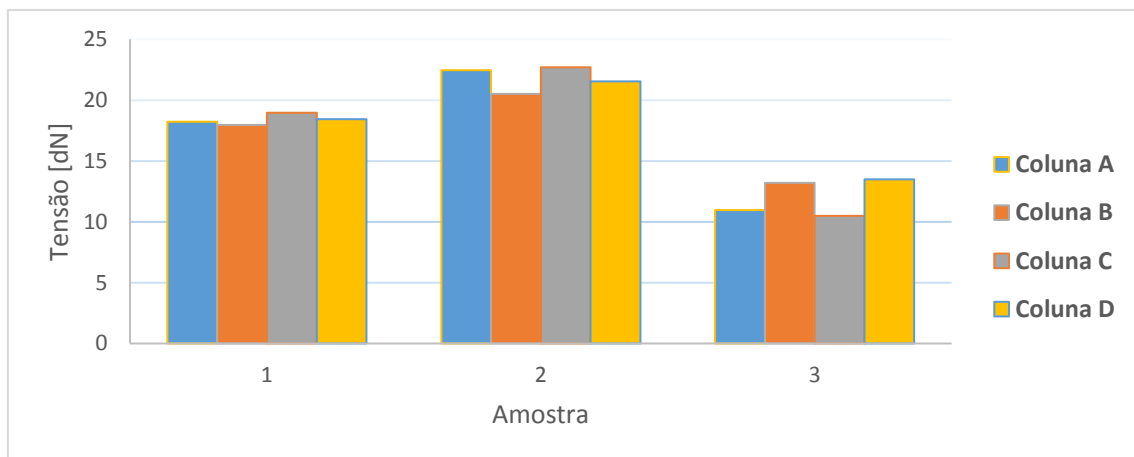
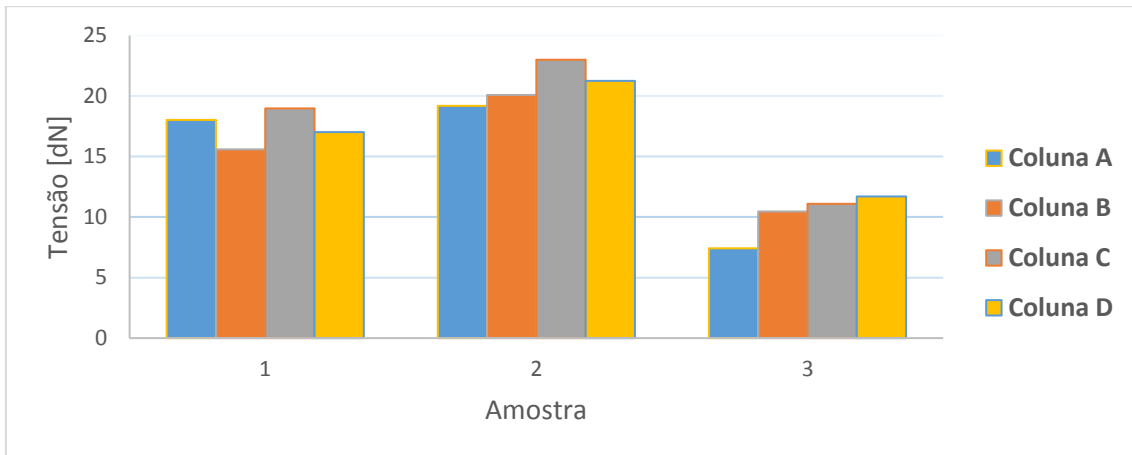
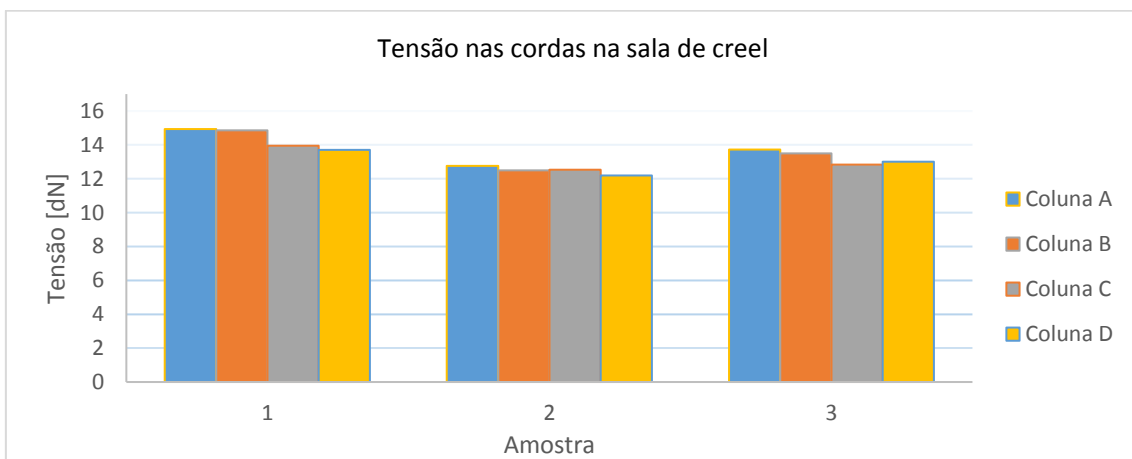
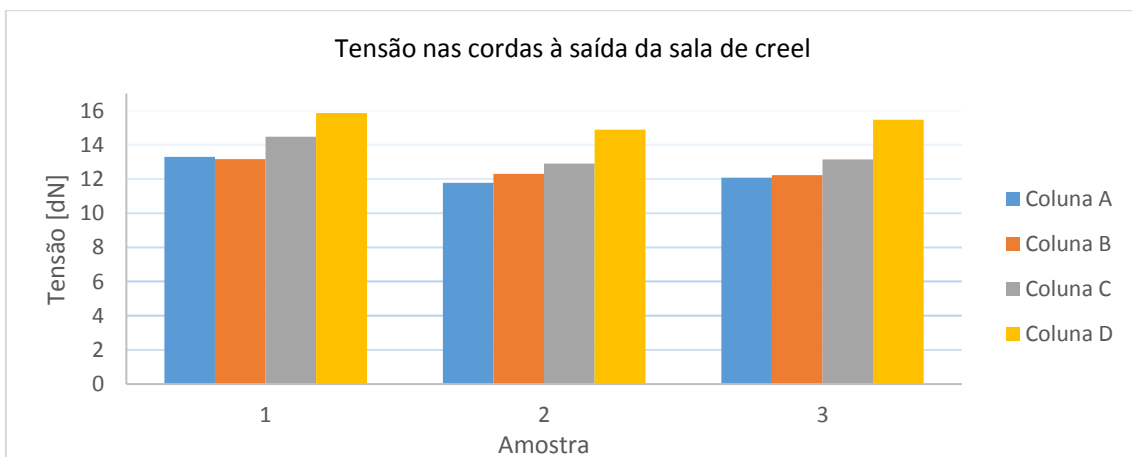


Figura 59 - Tensão nas cordas na sala no *creel* Superior

Figura 60 - Tensão nas cordas à saída da sala no *creel* SuperiorFigura 61 - Tensão nas cordas na sala no *creel* inferiorFigura 62 - Tensão nas cordas à saída da sala no *creel* inferior

Pela análise de resultados não se identificou qualquer tipo de relação entre os perfis de tensão obtidos pelos testes de *tip-rise* e a tensão nas cordas. Pode então afirmar-se

que tecido calandrado que apresente extremos com elevada tensão não significa que as cordas mais externas estejam mais tracionadas que as cordas interiores.

Verificou-se também que em condições normais de fabrico o *creel* superior trabalha com maior tensão. Durante o processo de medição verificou-se ainda que o *creel* superior apresenta uma grande diferença de tensão entre cordas e que para a mesma corda também existe uma grande diferença entre o valor máximo e mínimo, como confirmam os valores apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Amplitude máxima por corda e total

	<i>Creel</i> inferior	<i>Creel</i> superior
<b>Amplitude máxima por corda [dN]</b>	1,8	15,1
<b>Amplitude máxima total [dN]</b>	5,5	18

Ainda relativamente aos gráficos apresentados anteriormente, encontra-se na Tabela 30 os valores de pressão do *creel* no momento em que foram realizadas as medições.

Tabela 30 - Valores de pressão por *creel*, coluna e amostra

<i>Creel</i>	Amostra	Coluna A	Coluna B	Coluna C	Coluna D
<b>Superior</b> [bar]	1	0,89	0,81	0,81	0,87
	2	0,71	0,71	0,70	0,72
	3	0,54	0,55	0,50	0,61
<b>Inferior</b> [ $\frac{kg}{cm^2}$ ]	1	0,24	0,24	0,21	0,21
	2	0,21	0,21	0,20	0,20
	3	0,21	0,21	0,20	0,20

#### 3.9.4 Teste de alteração da pressão do *creel*

Um outro teste feito no processo de calandragem foi alterar a forma como a pressão de ar é distribuída nos dois *creels*. O ajuste de pressão dos *creels* é feito de forma manual e como tal existe uma grande possibilidade de que durante este processo a pressão não seja distribuída de forma igual pelas ramificações da rede. O teste consistiu em propositar este mesmo efeito e surgiu com a intenção de verificar qual o impacto no processo de corte. Seguindo este raciocínio foram colocadas as pressões com a configurações que se apresenta na Tabela 31. Como o *creel* inferior está apenas dividido em dois ramos a pressão em “A” e “B” e “C” e “D” são iguais.

Foram calandrados dois rolos de cada *creel* com esta configuração. Em cada rolo mediram-se 6 amostras com 10 elementos cada.

Tabela 31 - Configuração das pressões

	Pressão [bar]	Pressão [kg/cm <sup>2</sup> ]
	<i>Creel Superior</i>	<i>Creel inferior</i>
<b>Coluna A</b>	1,03	0,3
<b>Coluna B</b>	0,55	0,3
<b>Coluna C</b>	0,99	0,1
<b>Coluna D</b>	0,4	0,1

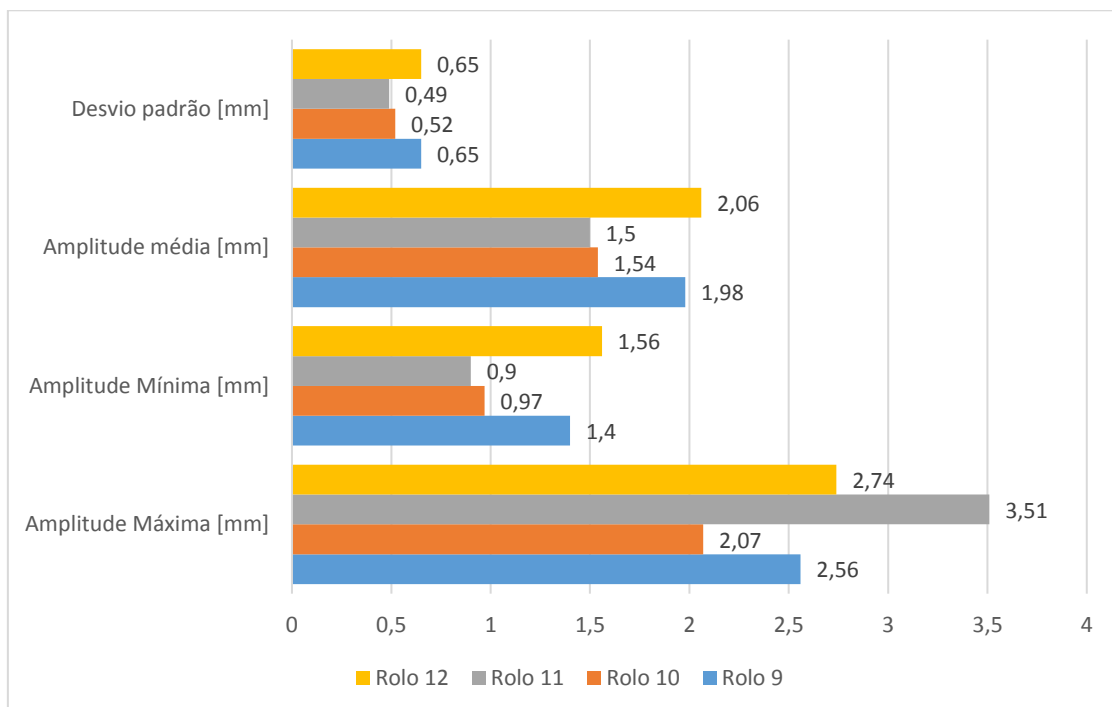


Figura 63 - Resultados obtidos com a alteração das pressões

Para o *creel superior* obteve-se uma amplitude média mínima de 1,54 mm e máxima de 1,98 mm enquanto que para o *creel inferior* se obteve 1,50 e 2,06, respetivamente. Em rolos calandrados sem se impor esta diferença de pressões, obteve-se uma amplitude média mais baixa em cerca de 0,5 mm. É, portanto, justo afirmar que pressões irregulares ao longo da largura do rolo pioram os resultados no processo de corte.

### 3.9.4.1 Testes *Tip-rise* com pressões alternadas

Neste ponto apresenta-se desde a Figura 64 à Figura 67 os resultados dos testes *tip-rise* que resultaram dos rolos provenientes da alteração das pressões do *creel*.

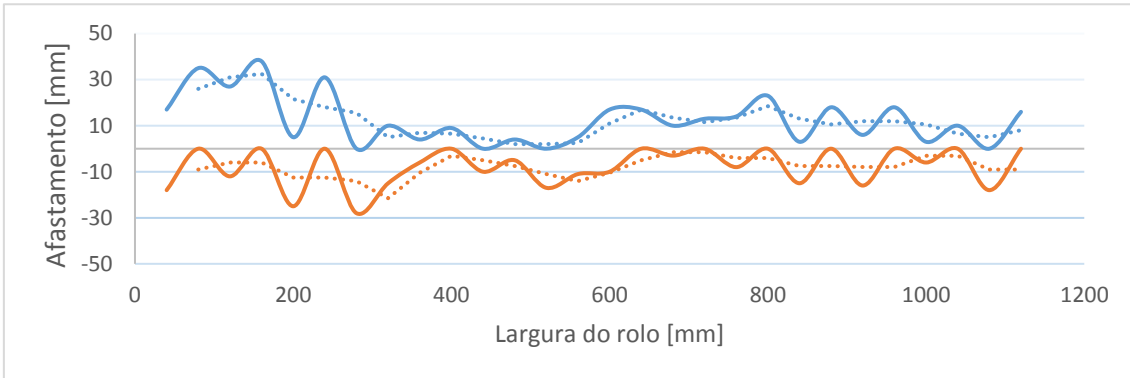


Figura 64 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 9, *creel* superior

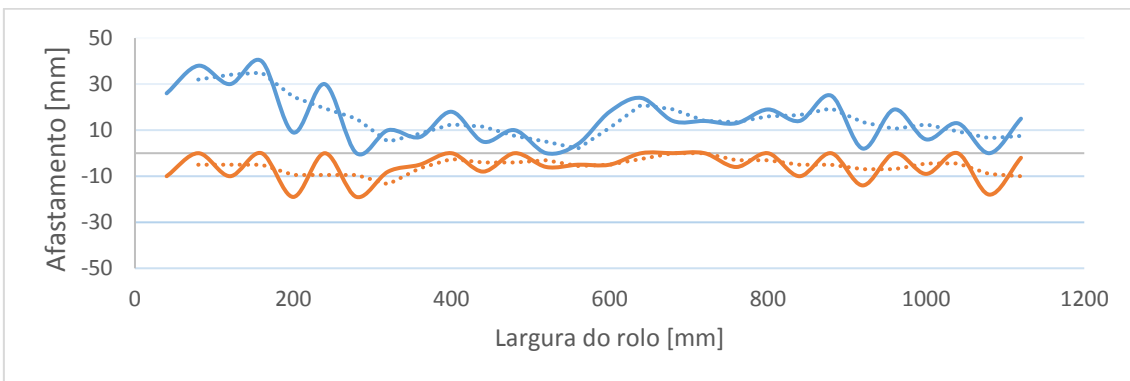


Figura 65 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 9, *creel* superior

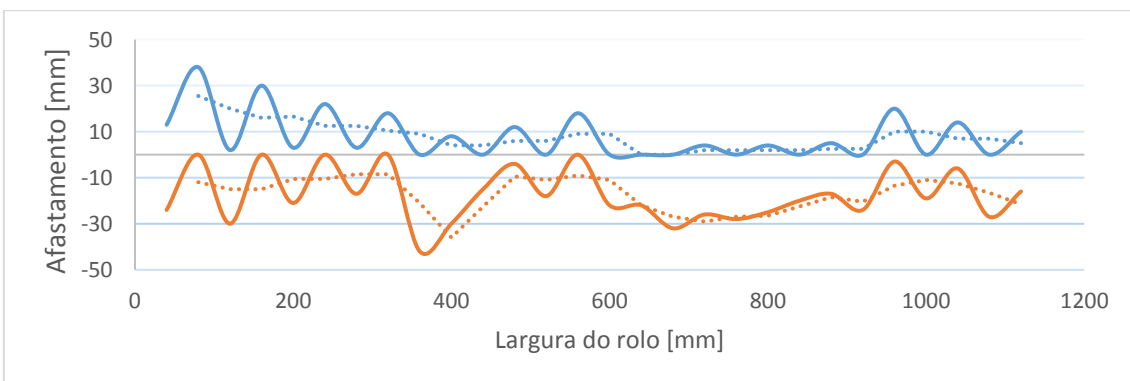


Figura 66 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 12, *creel* inferior

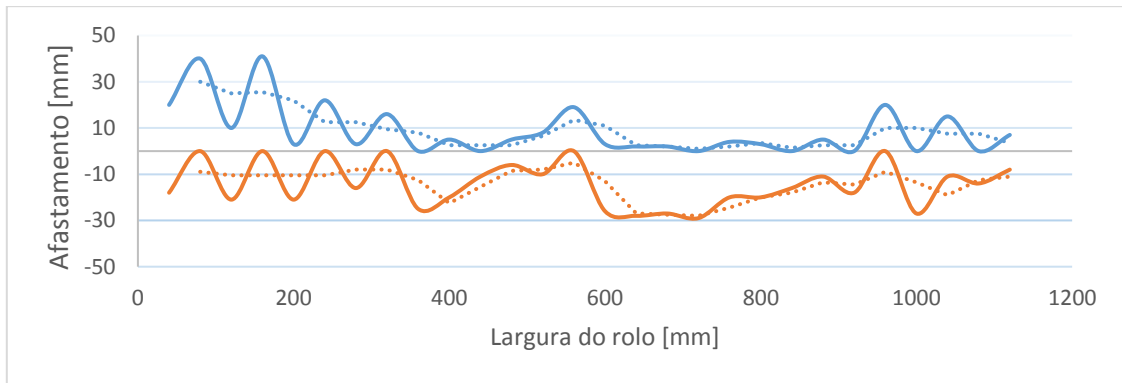


Figura 67 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 12, *creel* inferior

No *creel* superior verificou-se uma ligeira alteração de perfil entre o extremo direito ( $P_d=0,3$  bar) e o interior do rolo ( $P_c=0,99$  bar). Entre o lado oposto ( $P_a=1,03$  bar) e o interior do rolo ( $P_b=0,55$  bar) obteve-se um grande aumento da tensão do tecido metálico.

No *creel* inferior com pressões iguais nas colunas C e D ( $P=0,1$  kg/cm<sup>2</sup>), verificou-se que o perfil de tensão de manteve aproximadamente constante. Em contrapartida, nas colunas A e B, ambas com  $P=0,3$  kg/cm<sup>2</sup>, observou-se um grande aumento de tensão do tecido no extremo do rolo. Estes resultados levam a considerar a possibilidade de haver um valor de tensão nas cordas a partir do qual sejam induzidas tensões internas devido ao ângulo que estas cordas fazem com a fieira, como se pode ver pela Figura 68.

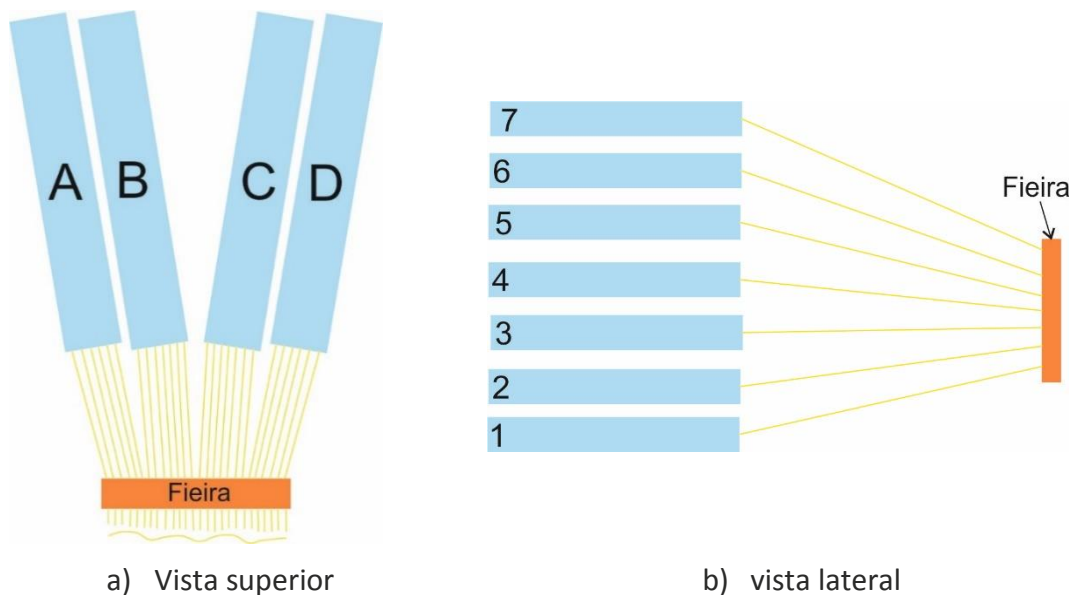


Figura 68 - Esquema de um *creel*

### 3.10 Avaliação do alinhamento das máquinas de corte

Relativamente ao fator máquina, surgiram algumas dúvidas quanto à sua influência no processo e quanta importância cada uma das suas características tinham na geração da imperfeição. Um dos pontos tidos em conta foi o alinhamento das suas passadeiras. Neste seguimento, foi medido o alinhamento dos *conveyors* de cada máquina e compararam-se estes valores com a geração de degrau.

Nesta avaliação mediu-se a distância entre os dois extremos da passadeira e do tabuleiro de cada *conveyor* e a lâmina da guilhotina. Valores negativos representam um afastamento em relação à lâmina na direção “guilhotina – zona de emenda” enquanto valores positivos representam precisamente o oposto. Os resultados das medições estão apresentados na Figura 69.

Na verificação de cada máquina mediram-se 10 amostras com 10 elementos cada. Foi utilizado em todas as máquinas o mesmo tipo de material, MPS04, para que a variação entre amostras fosse a menor possível.

Os resultados apresentados na Figura 70 não confirmam a suspeita de que máquinas melhor alinhadas apresentem melhores resultados em termos de degrau. A máquina 1 apresenta o melhor alinhamento dos *conveyors* e, no entanto, apresenta a maior amplitude média das 10 amostras avaliadas. A máquina 2 e 3 apresentam amplitudes médias relativamente parecidas. A F02 revela um desvio negativo de 16mm entre a parte traseira e a frente do *conveyor*, representando o máximo desvio medido. Vale a pena referir que aquando a avaliação inicial, a máquina 2 foi a que revelou o melhor desempenho entre as três.

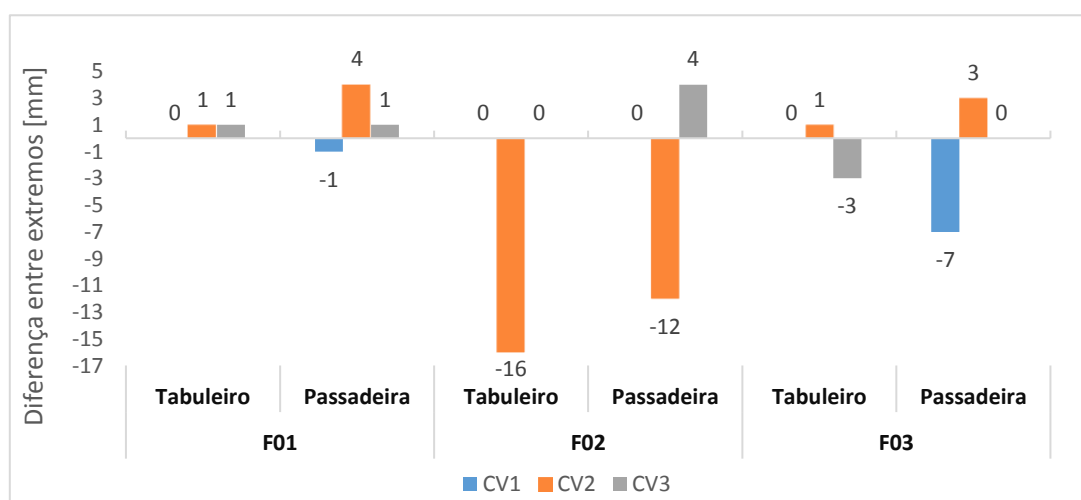


Figura 69 - Valores retirados das medições do alinhamento

O facto de as melhores máquinas serem as que não apresentam colinearidade entre *conveyors* pode indicar que este desalinhamento seja benéfico. Por exemplo, um

desvio negativo do cv2 ajuda a afastar o corte da contra lâmina inferior, na transição “cv1 – cv2” e a encostá-lo à guia que se encontra no cv3 na transição “cv2 – cv3”.

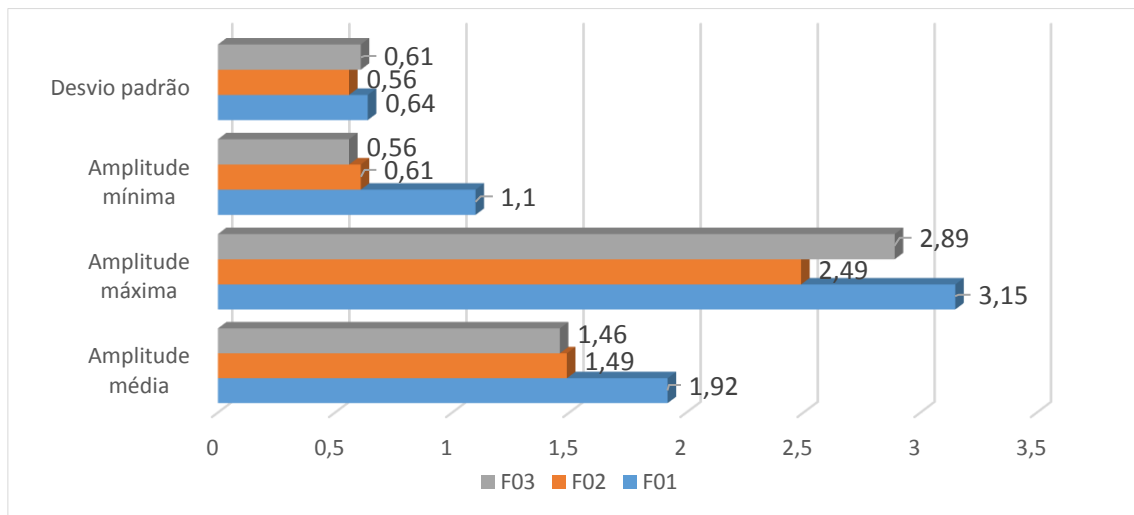


Figura 70 - Resultados obtidos para comparação entre máquinas

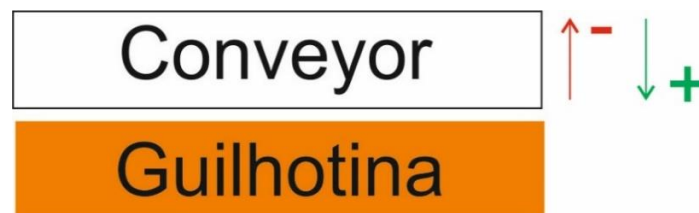


Figura 71 - Esquema representativo dos valores positivos e negativos nas medições do alinhamentos dos *conveyors*

### 3.11 Propostas de melhoria do processo

#### 3.11.1 Alteração do creel Superior

A proposta de alteração do *creel* superior tem como objetivo implementar o mesmo princípio de funcionamento que labora no *creel* inferior, melhorar o seu desempenho, a diferença entre posições e a amplitude de tensões na mesma posição.

##### Requisitos da solução a implementar:

- Sistema de travagem dinâmico;
- Fácil montagem e substituição;
- Baixo custo por posição;
- Aproveitamento dos componentes existentes.

##### 3.11.1.1 Mecanismo atual

De forma a moldar a solução à geometria atual, aproveitar o máximo de componentes existentes e para que os novos componentes encaixassem corretamente, fez-se a

desmontagem de uma posição e mediram-se todas as cotas dos seus constituintes de forma a serem desenhados em *software* 3D. Na Figura 72 apresenta-se mais uma vez o mecanismo que labora no *creel* superior, desta vez com cada um dos seus componentes numerados de forma a fazer a ligação com a Tabela 32 onde se faz a descrição de cada um.

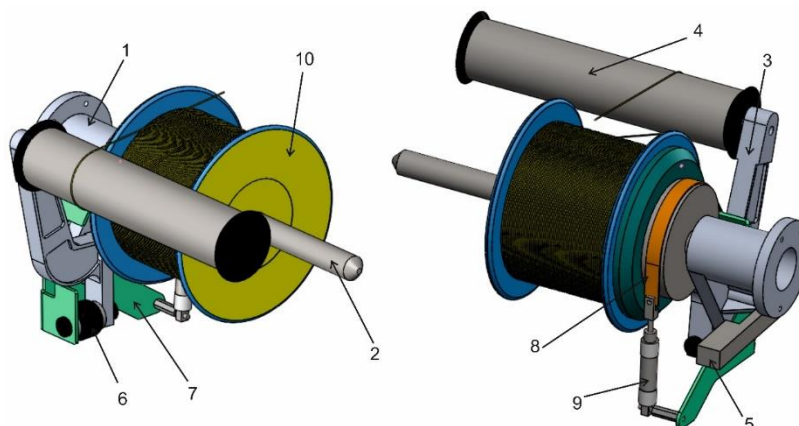

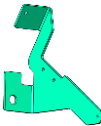


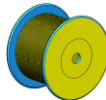


Figura 72 - Apresentação em perspectiva do mecanismo do *creel* superior

Com a informação disponibilizada pela seguinte tabela torna-se mais fácil perceber o mecanismo, a função de cada componente e tornar mais desperta a geração de ideias relativamente à alteração pretendida.

Tabela 32 - Apresentação dos componentes do mecanismo do *creel* superior

Componente	Descrição	Ilustração
<b>1 – Suporte</b>	Permite fixar o mecanismo à estrutura do <i>creel</i>	
<b>2 – Pino + tambor</b>	Peça responsável por suportar a bobine e receber o momento de travagem	
<b>3 - Braço</b>	Assegura a fixação do rolo por onde passa o fio	
<b>4 – Rolo desenrolador</b>	Peça que auxilia o desenrolamento do fio	
<b>5 - Contrabalanço</b>	Equilibra o peso do rolo + braço	

<b>6 – Mola de ar</b>	Peça inutilizada por alterações anteriores, mas que permite absorver alguma energia quando existe estiramento do fio	
<b>7 – Peça de Suporte</b>	Permite a fixação do cilindro, da cinta e da mola de ar	
<b>8 – Cinta de travão</b>	Aplica o atrito necessário à travagem	
<b>9 – Cilindro pneumático</b>	Traciona a cinta de travão	
<b>10 – Bobine de fio</b>	Objeto que armazena o fio	

### 3.11.1.2 Mecanismo proposto

Da observação e estudo feito ao mecanismo percebeu-se que poderia ser feita a alteração do princípio de funcionamento sem grandes modificações e de forma simples. Na Tabela 33 apresenta-se a comparação entre o mecanismo atual e o proposto. O mecanismo atual, já apresentado anteriormente encontra-se do lado esquerdo da tabela. Do lado direito apresenta-se o mecanismo proposto, que apresenta duas novas peças, uma delas é uma nova peça de suporte que fixa a cinta do travão onde estava anteriormente o cilindro pneumático a fazer a tração. A segunda peça é outra chapa quinada, que permite fixar a cinta metálica ao braço.

Como anteriormente, o cilindro fica com a função de aplicar a intensidade do momento de travagem, mas desta feita através do braço onde também esta fixa a cinta. Deste modo, à medida que o fio é tracionado, o braço avança, libertando ligeiramente a cinta até ser igualado o momento de travagem e a bobine começa a rodar. Esta proposta pretende também que o mecanismo seja menos sensível a variações de velocidade causadas pelo próprio processo, pelo desenrolamento da bobine ou pela excentricidade da mesma. Os componentes necessários à alteração e as respetivas modificações apresentam-se na Tabela 34.

Tabela 33 - Comparação entre o mecanismo atual e o mecanismo proposto


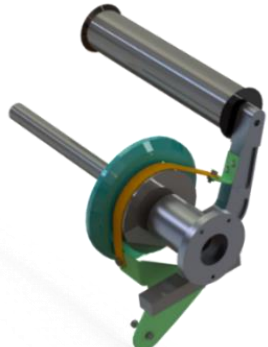
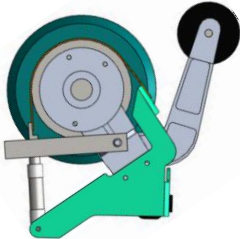
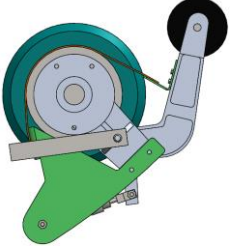
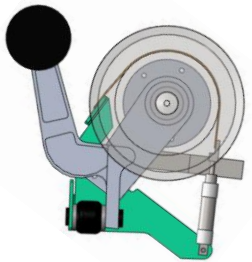
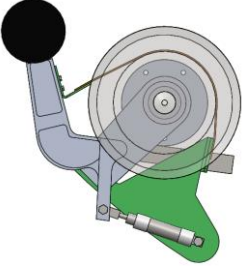
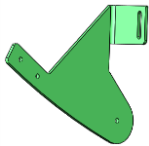

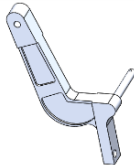

Mecanismo Atual	Mecanismo Proposto
	
a) Vista em prespetiva	
	
b) Vista de trás	
	
c) Vista de frente	

Tabela 34 - Apresentação das alterações a fazer ao creel superior

Componente	Função	Ação	Ilustração
Peça de suporte do cilindro e cinta	Suportar cilindro e amarrar cinta	Mandar executar	
Peça de fixação da cinta ao braço	Amarrar cinta ao braço	Mandar executar	
Braço	Suportar rolo onde passa o fio, a peça que amarra a cinta e o cilindro pneumático	Furar e roscar	
Mola de ar	Componente obsoleto	Inutilizar	

### 3.11.1.3 Dimensionamento

#### Peça de fixação da cinta de travão ao braço

Na Figura 73 apresentam-se as principais forças a atuar no mecanismo. Sabe-se que o sentido de rotação da bobine é anti-horário e consequentemente a extremidade sujeita a maior tensão será P2.

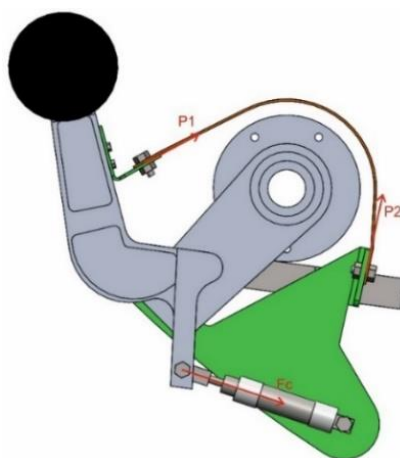


Figura 73 - Esquema das forças a atuarem no mecanismo em estado estacionário

Considerando o diagrama de corpo livre do braço, apresenta-se na Figura 74 as forças a atuarem sobre ele.

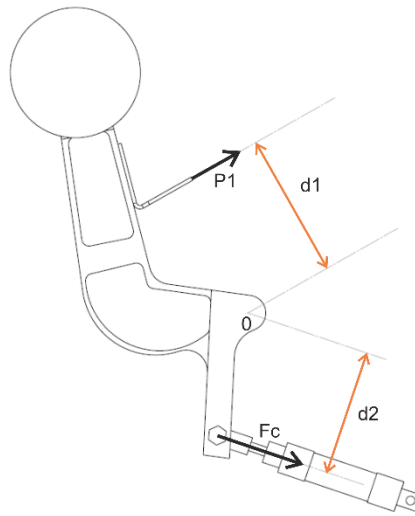


Figura 74 - Diagrama de corpo livre do braço

#### Dados:

- Pressão de trabalho do cilindro = 0,5 bar = 0,05 N/mm<sup>2</sup>
- Diâmetro interno do cilindro = 19,00 mm
- Diâmetro da haste do cilindro = 6,35 mm
- D1 = 105,4 mm
- D2 = 89,1 mm

#### Cálculo de $F_c$ , segundo a equação (9):

$$F_c = (A_{embolo} - A_{haste}) * P_{trabalho} = \frac{\pi * (19,00^2 - 6,35^2)}{4} * 0,05 = 12,59 \text{ N}$$

#### Cálculo de $P_1$

$$\begin{aligned} \sum M_0 &= 0 \\ \Leftrightarrow F_c * d_2 - P_1 * d_1 &= 0 \\ P_1 &= \frac{F_c * d_2}{d_1} = \frac{12,59 * 89,14}{105,40} = 10,65 \text{ N} \end{aligned}$$

Com o valor da força  $P_1$  calculada, partiu-se para a simulação de esforços, recorrendo ao método de elementos finitos, FEM, disponibilizado pelo Solidworks. Na Figura 75 apresenta-se a configuração utilizada na simulação feita.

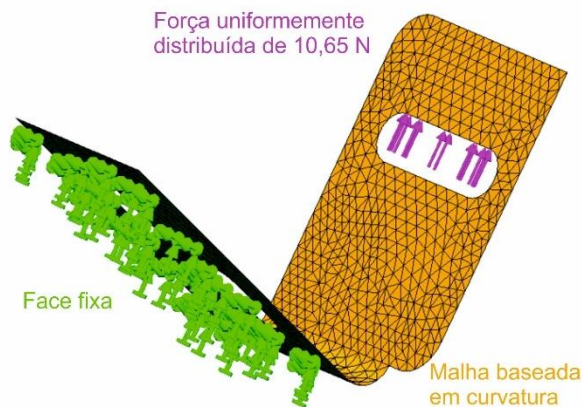


Figura 75 - Configuração da simulação para a peça fixa ao braço

Foi utilizada uma malha baseada em curvatura por esta criar um maior número de elementos em áreas com curvatura. Os parâmetros da malha apresentam-se na Tabela 35.

Tabela 35 - Características da malha utilizada

Pontos Jacobianos	4
Tamanho de elemento máximo	1,67 mm
Tamanho de elemento mínimo	0,56 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	4065
Total de elementos	1931

A simulação apresentada na Figura 76 indica que a tensão equivalente máxima de von Mises é de  $1,86e^6$  Pa.

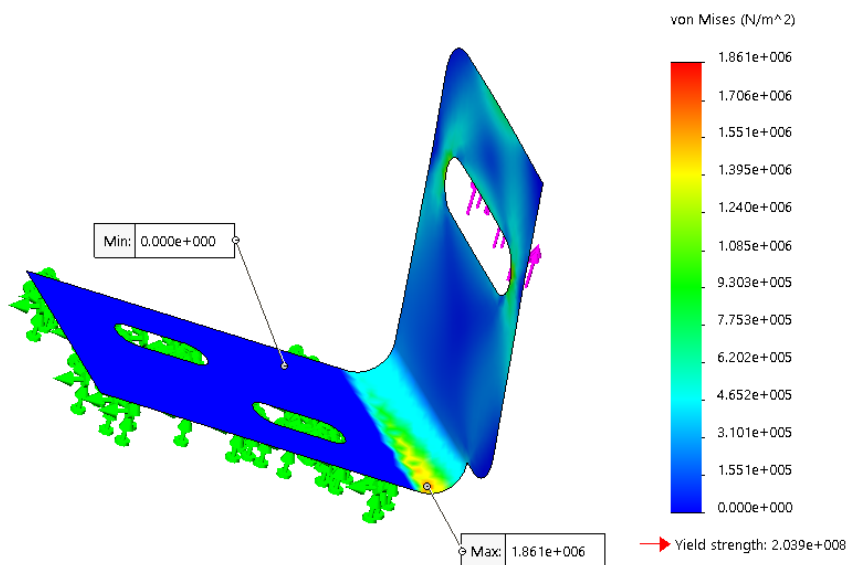


Figura 76 - Resultado da simulação - Tensão de von Mises, peças de fixação da cinta ao braço

Assumindo uma tensão de cedência de  $2,04e^8$  Pa o coeficiente de segurança fica então:

$$\text{Coeficiente de segurança} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,04e^8}{1,86e^6} = 8,1$$

O coeficiente de segurança de 8,1 cumpre perfeitamente com os requisitos mínimos de 1,5, mostrando a facilidade de suportar os esforços. Relativamente às deformações observadas, a máxima foi de 0,18 mm, que é perfeitamente aceitável.

Na peça de suporte da cinta e cilindro, por se ter alterado apenas a posição de fixação da cinta, não se fez a verificação da sua aptidão em aguentar os esforços. No entanto fez-se questão de definir a mesma espessura e material da peça que estava a laborar anteriormente.

#### 3.11.1.4 Análise de custos

De forma a validar a alteração proposta é necessário realizar testes que comprovem o seu bom funcionamento. A realização desses testes está obviamente dependente do valor que estes impliquem. Desta forma, apresenta-se na Tabela 36 as despesas previstas a ter na realização desses testes.

Tabela 36 - Previsão de custo a ter com testes da proposta

Descrição	Operação	Quantidade	Custo unitário [€]	Custo total [€]
Nova peça de suporte	Comprar	2	18	36
Peça de fixação da cinta	Comprar	2	9	18
Mão de obra	Furar e roscar braço	1 h	25	25
Mão de obra	Montagem	3 h	25	75
			<b>Total</b>	<b>154</b>

O custo total previsto ronda os 154 euros. Supôs-se que seriam testadas apenas duas posições do *creel*.

Em seguida é também apresentado o custo a ter com a alteração total do *creel*. Desta vez consideraram-se 1456 posições a alterar (Tabela 37).

Tabela 37 - Previsão de custos de implementação total

Descrição	Operação	Quantidade	Custo unitário [€]	Custo total [€]
<b>Nova chapa de suporte</b>	Comprar	1 456	2,98	4 338,88
<b>Chapa de fixação da cinta</b>	Comprar	1 456	0,61	888,16
<b>Mão de obra</b>	Furar e roscar braço	728 h	25	18 200
<b>Mão de obra</b>	Montagem	1 456 h	25	36 400
<b>Total</b>				<b>59 827,04</b>

O custo calculado para a implementação de todas as posições foi de 59 827,04€, no entanto 54 600 € correspondem a custos a ter com a mão de obra.

### 3.11.1.5 Resultados e considerações

Após implementação do mecanismo proposto fez-se uma avaliação ao seu desempenho. Nesta avaliação compararam-se duas posições alteradas com duas posições atuais (Tabela 38).

Tabela 38 - Comparação do desempenho entre mecanismos

	Amplitude média por posição [dN]	Amplitude máxima entre as duas posições medidas [dN]
<b>Mecanismo Atual</b>	4,53	8,3
<b>Mecanismo alterado</b>	2,88	6,8

As medições realizadas mostraram que o mecanismo proposto revela um melhor comportamento do que o que está a trabalhar atualmente apresentando uma amplitude média mais baixa em 1,65 dN. O mecanismo proposto apresenta também uma diferença inferior entre a tensão mais baixa e a tensão mais alta, entre as duas posições medidas.

Durante o processo de avaliação da melhoria também se observou que o mecanismo não apresentava o comportamento exatamente igual ao previsto na hora do projeto. Observou-se que em momentos de maior tração, do fio, o momento de travagem diminuía devido ao movimento do braço e consequente libertação da cinta, como previsto. No entanto, nestas situações a cinta descolava completamente do tambor fazendo com que a bobine roda-se livremente por instantes. Consequentemente

criava-se uma ligeira folga no fio que se traduzia numa menor tensão, mas que logo de seguida aumentava com o regresso do braço à posição inicial.

De forma eliminar os picos de tensão explicados pelo processo descrito anteriormente é sugerido em seguida uma nova alteração.

#### 3.11.1.6 Alteração da Proposta

A alteração da proposta anterior tem como principal objetivo a eliminação dos picos de tensão provocados pela libertação completa da cinta de travão do tambor.

##### Requisitos:

- Sistema de travagem dinâmico;
- Momento de travagem ajustável;
- Baixo custo;
- Evitar rotação livre da bobine que acontecia na proposta anterior.

Solução proposta: A rotação livre do tambor, no momento em que se liberta ligeiramente a cinta acontece por esta não ter componente elástica. Como proposta sugeriu-se colocar uma mola na extremidade da cinta. Tracionando ligeiramente a mola quando o curso do cilindro é máximo, fica sempre garantido um momento mínimo de travagem. A regulação da tensão fica então possível dentro de um certo intervalo e é definida pela pressão do cilindro que determina a tração na mola.

Na Figura 77 apresenta-se a configuração sugerida para a alteração à proposta anterior.

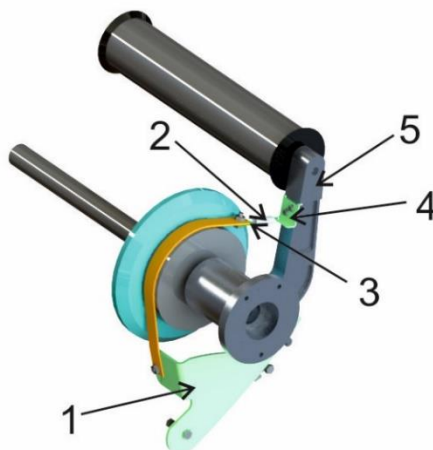
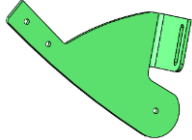


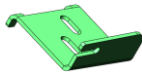
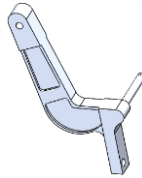


Figura 77 - Vista em perspectiva da nova alteração

Tal como foi feito anteriormente, é apresentado na Tabela 39 as alterações necessárias para modificar a proposta feita inicialmente. As operações necessárias e as instruções de montagem encontram-se no Anexo V.

Tabela 39 - Alterações necessárias à melhoria da proposta

Componente	Função	Ação	Ilustração
1 – Peça de suporte	Suportar cilindro e amarrar cinta	Mandar executar	
2 – Mola de tração	Tracionar cinta de travão	Mandar executar	
3 - Peça de fixação da mola	Fazer o engate entre a mola e a cinta de travão	Mandar executar	
4 - Peça de fixação da mola ao braço	Fazer ligação entre a mola e o braço	Mandar executar	
5 - Braço	Suportar rolo onde passa o fio, a peça que amarra a cinta e o cilindro pneumático	Furar e roscar	

### 3.11.1.6.1 Dimensionamento

#### Mola

Como o sentido de rotação da bobine é anti-horário, a extremidade da cinta onde a tração será máxima é em P2. Como tal sugeriu-se a colocação da mola na extremidade P1. O valor de P1 calculado anteriormente foi de 10,65 N. Definiu-se uma pré tração da mola de 4 mm para garantir sempre um momento mínimo de travagem e para suprir possíveis folgas de desgaste da cinta.

Definiu-se também que a força necessária seria atingida quando a mola estivesse tracionada 10 mm. Nesta configuração o cilindro pneumático teria então de tracionar a mola em mais 6 mm. Através do modelo desenhado em *software* 3D verificou-se que para atingir este ponto o cilindro necessitava de recuar a sua haste 4,5 mm.

Para termos uma mola capaz de gerar uma força de 10,65 N quando tracionada 10 mm necessitamos que esta possua uma constante elástica de:

$$F = K * d$$
$$\Leftrightarrow K = \frac{F}{d} = \frac{10,65}{10} = 1,07 \text{ N/mm}$$

Com a haste completamente recuada, o cilindro é capaz de tracionar a mola em 20 mm. Desta forma, a força máxima conseguida é de:

$$F_{m\acute{a}x} = K * d = 1,07 * 20 = 21,4 \text{ N}$$

#### Requisitos da mola:

- Mola de tração;
- $L_0$  – Comprimento total - entre 40 e 50 mm;
- $D_e$  – Diâmetro externo – máximo de 30 mm
- $d$  – Diâmetro do fio – sem especificação;
- K – Constante elástica – 1,07 N/mm;
- Curso mínimo de 25 mm.

#### **Peça de fixação da cinta à mola**

Mais uma vez, recorreu-se ao FEM para avaliar o comportamento da peça mediante as solicitações exigidas. A configuração da simulação apresenta-se na Figura 78.

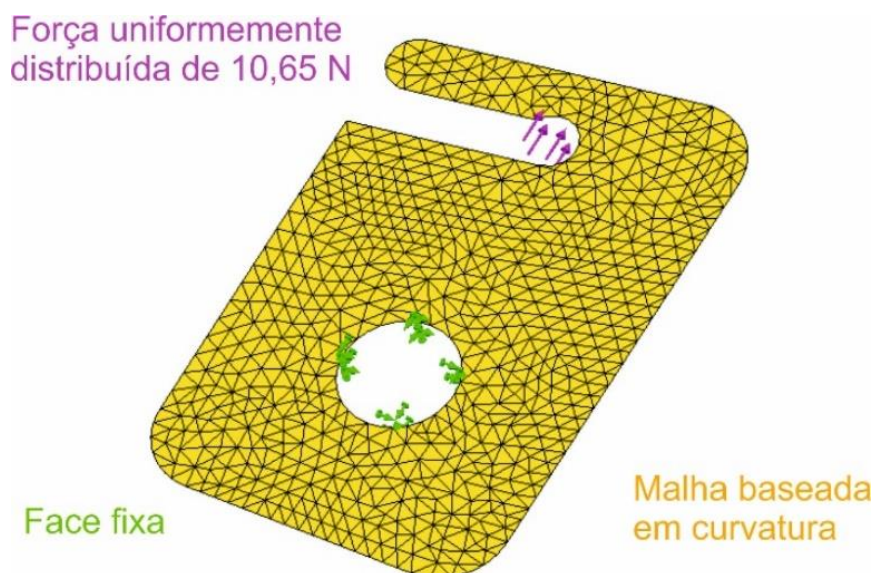


Figura 78 - Configuração da simulação para a peça de fixação da cinta à mola

Utilizou-se novamente uma malha baseada em curvatura, cujas características se encontram na Tabela 40.

Tabela 40 - Características da malha utilizada na simulação

Pontos Jacobianos	4
Tamanho de elemento máximo	0,99 mm
Tamanho de elemento mínimo	0,99 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	2840
Total de elementos	1348

A simulação apresentada na Figura 79 indica que a tensão equivalente máxima de von Mises é de  $6,56e^6$  Pa.

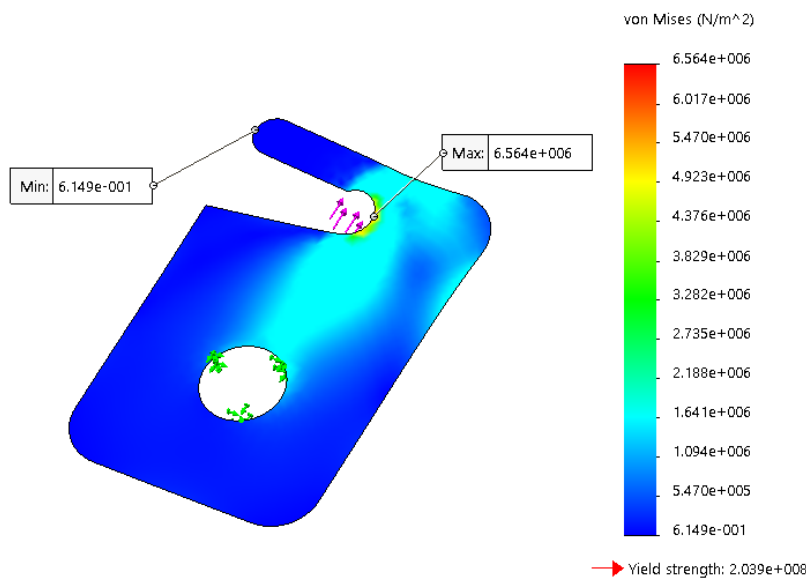


Figura 79 - Resultado da simulação - Tensão de von Mises, peças de fixação da cinta à mola

Assumindo uma tensão de cedência de  $2,04e^8$  Pa, o coeficiente de segurança fica então:

$$\text{Coeficiente de segurança} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,04e^8}{6,56e^6} = 2,30$$

O coeficiente de segurança de 2,30 cumpre perfeitamente com os requisitos mínimos de 1,5. No mesmo estudo, foi calculada uma deformação máxima de 0,12 mm.

### Peça de fixação da mola ao braço

A simulação feita para este componente seguiu os mesmos passos que as anteriores. Como tal encontra-se na Figura 80 configuração da simulação. Na Tabela 41 apresentam-se as características da malha e na Figura 81 mostram-se os resultados da simulação para a tensão de von Mises. Os resultados indicam uma tensão máxima de

$5,58e^6$ , que considerando o mesmo material que anteriormente corresponde ao seguinte coeficiente de segurança:

$$\text{Coeficiente de segurança} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,04e^8}{5,58e^6} = 2,70$$

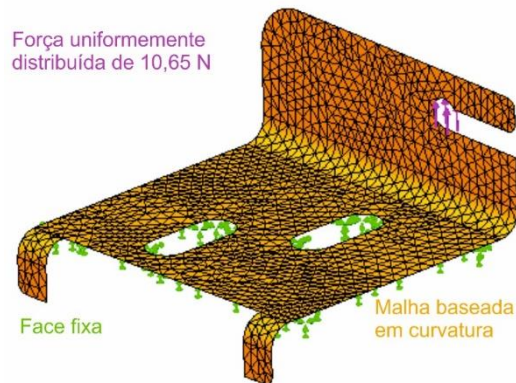


Figura 80 - Configuração da simulação para a peça de fixação da mola ao braço

Tabela 41 - Características da malha utilizada na simulação

Pontos Jacobianos	4
Tamanho de elemento máximo	1,26 mm
Tamanho de elemento mínimo	0,42 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	4487
Total de elementos	2156

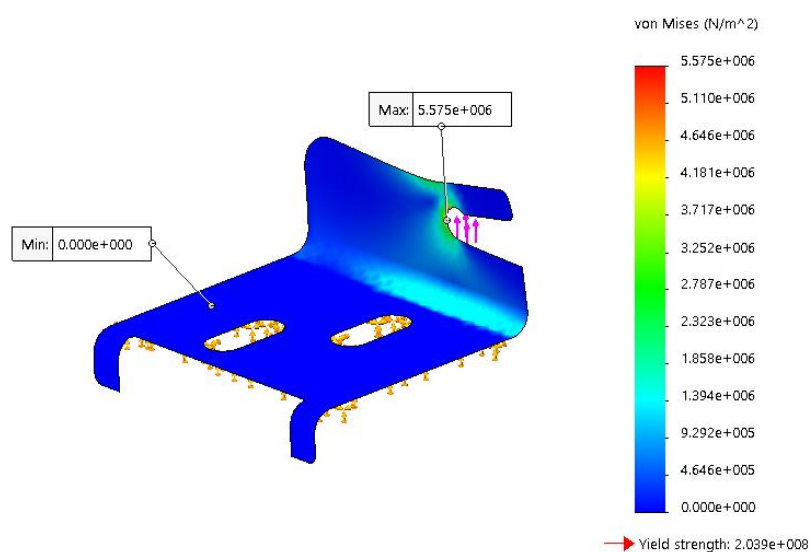


Figura 81 - Resultado da simulação - Tensão de von Mises, peças de fixação da mola ao braço

No estudo feito à mesma peça, relativamente às deformações sofridas, os valores indicaram uma deformação máxima de 0,14 mm.

### 3.11.1.6.2 Análise de custos

Também para esta vertente da proposta são ponderados os custos a ter com os testes e com a sua implementação total, que se apresentam na Tabela 42 e Tabela 43, respetivamente.

Tabela 42 - Previsão de custos a ter com testes da nova proposta

Descrição	Operação	Quantidade	Custo unitário [€]	Custo total [€]
<b>Nova peça de suporte</b>	Comprar	2	10	20
<b>Peça de fixação da mola ao braço</b>	Comprar	2	5	10
<b>Peça de fixação da cinta à mola</b>	Comprar	2	1,5	3
<b>Mola</b>	Comprar	2	4,5	9
<b>Mão de obra</b>	Furar braço	1 h	25	25
<b>Mão de obra</b>	Montagem	3 h	25	75
			<b>Total</b>	<b>142</b>

Considerou-se novamente o teste de 2 posições do *creel*. Desta vez os custos foram menores devido à mudança de fornecedor. Os custos totais da implementação apresentam-se na Tabela 43.

Os custos totais da implementação desta vertente ficam ligeiramente mais elevados devido às novas peças necessárias, mola e peça de fixação da cinta à mola. Novamente a grande maioria dos custos representa a despesa a ter com a mão de obra. A estes valores é necessário ponderar o valor perdido devido à paragem da máquina.

Tabela 43 - Previsão de custos de implementação total da nova proposta

Descrição	Operação	Quantidade	Custo unitário [€]	Custo total [€]
<b>Nova peça de suporte</b>	Comprar	1 456	4,45	6 479,20
<b>Peça de fixação da cinta</b>	Comprar	1 456	1,50	2 184
<b>Peça de fixação da cinta à mola</b>	Comprar	1 456	0,80	1 164,80
<b>Mola</b>	Comprar	1 456	2,5	3 640
<b>Mão de obra</b>	Furar braço	728 h	25	18 200
<b>Mão de obra</b>	Montagem	1 456 h	25	36 400
			<b>Total</b>	<b>68 068</b>

### 3.11.2 Aplicação de sistema anti adesividade

A adesividade é uma característica do material que tem bastante impacto no seu processo de fabrico, na medida em que influencia a forma como este contacta com a máquina, modo de armazenamento e o contacto com os restantes componentes durante o processo de montagem.

Se por um lado uma elevada adesividade promove uma boa adesão entre componentes e uma boa ligação no momento da emenda, por outro lado, torna em algumas situações o processo de fabrico mais difícil de operar.

Como se mostrou nas análises feitas anteriormente, a adesividade é uma característica que apresenta consideráveis variações e que conseqüentemente, não permite operar consistentemente nas melhores condições. É neste seguimento que surge esta proposta, que tem como objetivo tornar a máquina menos sensível a esta característica. Pretende-se assim que a máquina consiga operar do mesmo modo, ao longo de um determinado intervalo de valores de adesividade.

Por observação visual, a zona da máquina que demonstrou ser mais sensível a alterações do valor de adesividade foi a contra lâmina superior e o seu suporte. No movimento descende da contra lâmina superior é possível que esta cole ao material

momentaneamente e o liberte no movimento ascendente. Este acontecimento não é consistente na forma como acontece, levando a que o ajuste da máquina se torne bastante difícil, ou até impossível. Na Figura 82 apresenta-se um esquema que ajuda a perceber melhor como este fenómeno se processa. Foi, portanto, nesta zona onde foi feito o estudo e onde se sugeriu uma possível solução.

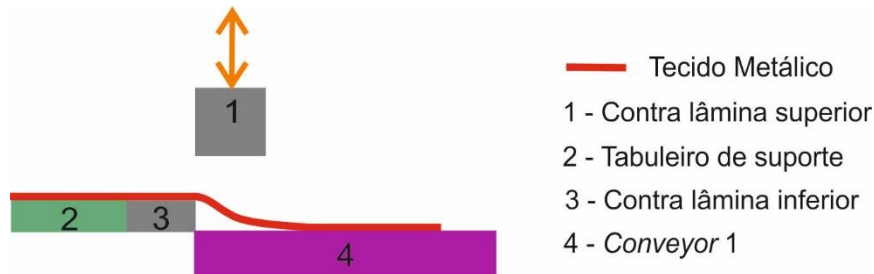


Figura 82 - Esquema lateral da guilhotina

#### Caraterísticas do suporte:

- Comprimento: 4370 mm;
- Largura: 45,5 mm;
- Área de contacto: 198835 mm<sup>2</sup>;
- Material: Aço.

#### Caraterísticas da lâmina

- Comprimento: 4370 mm;
- Largura: 15 mm;
- Área de contacto: 65550 mm<sup>2</sup>;
- Material: "Carbide" (carboneto de tungsténio)

#### Requisitos da solução:

- Ser antiaderente ao tecido metálico;
- Não contaminar o material;
- Durável e resistente ao desgaste;
- De fácil manutenção e substituição;

O primeiro pensamento que surgiu para a resolução do problema exposto anteriormente foi a colocação de um material que revestisse a lâmina e o suporte, de forma a que a superfície que contacta com o material fosse inerte à sua adesividade.

O desenvolvimento da proposta seguiu-se com um teste de “*peel adhesion*” entre três materiais e o tecido metálico, que foi utilizado como base. Na Tabela 44 apresentam-se os resultados obtidos no referido teste.

A escolha dos materiais a serem testados, no caso do tecido de teflon, deveu-se ao facto de apresentar características anti adesivas, no caso do *linner* porque é o material utilizado para evitar a adesão entre camadas durante o armazenamento do *breaker*. O papel revestido a silicone entrou também na lista por ser o material utilizado no armazenamento de fitas adesivas.

Tabela 44 - Resultados “*peel adhesion*”

	<b>Tecido de teflon</b>	<b><i>Linner</i></b>	<b>Papel revestido a silicone</b>
<b>Força [N]</b>	10,67	5,27	0,13

Os resultados obtidos revelaram que o papel revestido a silicone é o material com o valor mais baixo de adesividade. O valor obtido para este material foi de aproximadamente 0, o que significa que não se deixa colar ao tecido metálico.

Por questões de manutenção, a colocação deste material não pode ser feita diretamente na lâmina de corte. Por este motivo, e com as dimensões apresentadas anteriormente sugeriu-se a colocação do material apenas no seu suporte.

Desta forma sugere-se a seguinte geometria:

- Largura: 45 mm;
- Comprimento: 3970 mm.

Até ao momento não foi possível implementar a proposta apresentada devido à existência de regras por parte da Continental AG, que proíbem a utilização de materiais que contactem diretamente com a matéria do possesso, sem antes terem sido aprovados. Como tal, é necessário que o material seja enviado para a Alemanha e caso seja aprovada a sua utilização se continue com o processo de implementação.

Durante a busca de soluções que eliminassem o problema da adesividade surgiu também como possibilidade a colocação de um revestimento permanente no suporte da lâmina. No entanto, o contacto com fornecedores deste tipo de produtos revelou a possibilidade de contaminação do material e pelas razões óbvias a proposta foi prontamente excluída.

### 3.11.3 Sistema automático de controlo e manutenção da pressão de ar

O processo de calandra produz material que pode provir de dois *creels*. O sistema de travagem é controlado através de ar comprimido. No *creel* superior o ar é distribuído por quatro ramificações enquanto no *creel* inferior é distribuído em dois. O ajuste da pressão é feito com recurso a manómetros de forma manual. Desta forma o operador tem total liberdade de trabalhar com o valor que achar estar mais correto, na forma como avalia o processo. A vantagem é poder ser feito algum tipo de ajuste de forma imediata, caso seja necessário, conforme o estado do processo e do material. No entanto, muitas das vezes o ajuste é feito de forma errada. Além disto observou-se que os manómetros apresentam um comportamento instável e consequentemente pouco viável. Muitas das vezes é feito ajuste da pressão para o valor pretendido e momentos mais tarde a pressão apresentada no manómetro é diferente do valor ajustado. Este tipo de situações leva a que se produza material com características diferentes entre rolos, entre *creels* e entre turnos.

Na Figura 83 apresenta-se o esquema da rede de ar comprimido que se encontra a trabalhar no *creel*. Os números apresentados na imagem fazem ligação com a Tabela 45 e representam os equipamentos que controlam a pressão de ar.

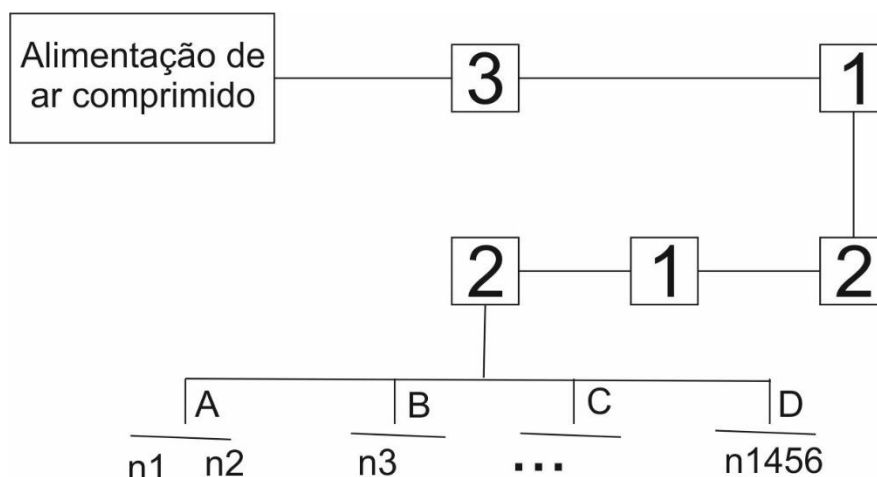


Figura 83 - Instalação de ar comprimido

Como se pode constatar pelo esquema apresentado, o sistema é bastante básico, além disso é independente do controlo elétrico da máquina. A razão para isto reside na antiguidade do aparelho, que devido ao ultrapassado *software* de controlo, não permite o desenvolvimento de um sistema de gestão da pressão do *creel* que seja acionado como um parâmetro de máquina. Desta forma, o desenvolvimento desta proposta deve ser tido em conta quando o *software* da máquina permitir a sua implementação.

Tabela 45 - Lista de equipamentos da rede de ar comprimido

Nº	Referência	Marca	Tipo de equipamento
1	LR-D-MAXI	Festo	Válvula reguladora de pressão
2	VL/O-3-3/4	Festo	Válvula reguladora de pressão
3	LF-D-MAXI	Festo	Filtro

### 3.12 Construção e Instruções de montagem

A implementação de um equipamento requer inicialmente a sua preparação. O projeto de alteração do *creel* foi pensado para que fosse utilizado grande parte das peças existentes e para que as que fossem necessárias comprar fossem feitas com o mínimo custo de operação. Das peças apresentadas foi feito o seu dimensionamento de modo a garantir o ideal desempenho da sua função. As operações necessárias realizar às peças existentes assim como o processo de montagem encontram-se no Anexo V.

### 3.13 Análise FMEA

Todos os mecanismos ou equipamentos, por muito simples que sejam, apresentam sempre um risco de falha associado. Torna-se então fundamental avaliar os possíveis modos de falha em cada um dos seus componentes e o seu efeito no funcionamento do sistema. A análise *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) é a técnica utilizada para realizar este procedimento. A técnica implica o preenchimento de uma tabela onde são contemplados critérios classificados por níveis. Na Tabela 46 apresenta-se os níveis de classificação da severidade, na Tabela 47 os níveis de classificação quanto à deteção e na Tabela 48 os níveis de classificação quanto à ocorrência.

Tabela 46 - Níveis de severidade

Efeito	S (Severidade)	Class.
Perigoso – Sem aviso	Índice muito elevado quando o modo de falha afeta a segurança na operação ou envolve não conformidade. A falha ocorre sem aviso prévio	10
Perigoso – Com aviso	Índice muito elevado quando o modo de falha afeta a segurança na operação ou envolve não conformidade. A falha ocorre com aviso prévio.	9
Muito elevado	Item inoperável, perda da função primária.	8
Elevado	Item operável, com nível de desempenho reduzido, cliente bastante insatisfeito.	6-7

Baixo	Item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Acabamento, chiado ou barulhos não conforme, defeito notado pela maioria dos clientes.	5
Muito baixo	Item operável, mas com nível de desempenho um pouco reduzido. Acabamento, chiado ou barulhos não conforme, defeito notado por 50% dos clientes.	4
Pequeno	Item operável, mas com nível de desempenho um pouco reduzido. Acabamento, chiado ou barulhos não conforme, defeito notado por menos de 25% dos clientes.	2-3
Nenhum	Sem efeito perceptível	1

Tabela 47 - Níveis de detecção

D (Detecção)	Classificação
Quase impossível	10
Muito remota	9
Remota	8
Muito baixa	7
Baixa	6
Moderada	5
Moderadamente alta	4
Alta	3
Muito alta	2
Quase certa	1

Tabela 48 - Níveis de ocorrência

Possibilidade de falha	Probabilidade de ocorrência	Class.
Muito elevada	>1 em 2	10
	1 em 3	9
Elevada	1 em 8	8
	1 em 20	7
Moderada	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 2000	4
Baixa	1 em 15000	3
Muito baixa	1 em 150000	2
Remota	1 em 1500000	1

De forma a avaliar os riscos de falha dos mecanismos propostos, apresenta-se no Anexo III e Anexo IV a análise FMEA.

### 3.14 Quantificação das melhorias implementadas

Entre as propostas apresentadas fez-se apenas a implementação de posições teste no *creel* superior. Os resultados revelaram bons indicadores como foi apresentado anteriormente e foi neste ponto que se focaram as atenções devido às restrições existentes no desenvolvimento das restantes propostas. No que diz respeito à solução encontrada para resolver o problema associado à adesividade do material, não foi possível fazer a sua implementação devido aos procedimentos a cumprir exigirem a aprovação por parte da central. Relativamente à implementação do sistema de controlo automático da pressão no *creel*, esta não se desenvolveu devido ao *software* que operava na máquina não permitir a sua implementação.

### 3.15 Análise de custos e *payback*

A quantidade de sucata produzida desde o início do presente ano até ao mês 8 foi de aproximadamente 3200 kg. Relativamente ao ano anterior a quantidade de sucata foi de 2800 kg. Isto significa que em 20 meses se produziram 6000 kg de sucata, representando uma média de 3650 kg/ano. Assumindo que cada corte pesa aproximadamente 1,5 kg, este valor representa 2433 cortes/ano. O tempo necessário para um operador retirar o corte da máquina de construção é de aproximadamente 1 minuto e o tempo necessário para recuperar o corte é de 5 minutos. Assumiu-se também que o tempo perdido nas máquinas de corte por falta de eficiência devido a esta imperfeição é de 2%. Assim sendo, são aproximadamente 175 h/ano. Na Tabela 49 apresenta-se a análise de custos.

Tabela 49 - Análise de custos

Operação	Máquina	Tempo/corte	Tempo total	Custo hora [€]	Custo Total [€]
Retirar corte	Módulo de construção	00:01:00	40,6 h	39,2	1591,5
Recuperar corte	Recuperadora de <i>breaker</i>	00:05:00	202,8 h	35,10	7118,3
Refazer emenda	Máquina de corte	???	175 h	35,10	6142,5
Custo total /ano					14852,4

O valor estimado que a produção de degrau custa por ano à empresa é de aproximadamente 14852,4 €. A esta quantia é necessário juntar os custos da reciclagem de *breaker*, pois este material não é reutilizável, por ser composto por borracha impregnada em aço. Numa empresa com a dimensão da Continental Mabor, não são valores preocupantes por serem calculados como uma média anual, no entanto, caso estes valores estejam associados a situações pontuais, podem ser interpretados de outra forma, na medida em que nessas situações o defeito cria bastante entropia no processo. Nestas situações, os valores apresentados podem ter um significado diferente e a eliminação do defeito pode ganhar outra importância.

# CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresenta-se um relato do problema desenvolvido, das escolhas feitas, das atividades realizadas, assim como uma interpretação crítica dos resultados obtidos. Após ser apresentado o trabalho desenvolvido e feito o ponto de situação em que ficou o estudo, apresentam-se propostas que deem continuidade ao trabalho desenvolvido.

### 4.1 CONCLUSÕES

O trabalho aqui apresentado foi realizado no Departamento II - Frio da Continental Mabor e relata o estudo feito à imperfeição “Degrau” que ocorre na emenda do *breaker* no processo de corte metálico.

O aumento do conhecimento sobre a geração da imperfeição e a proposta de soluções com potencial de reduzir o seu acontecimento, foram os objetivos definidos inicialmente e consideram-se cumpridos.

Devido ao método de medição da imperfeição não apresentar confiança suficiente, foi apresentado um novo método que revelou ser melhor do que o utilizado anteriormente, capaz de cumprir com os requisitos exigidos.

Inicialmente avaliou-se o método de medição. Como este não apresentou os melhores indicadores, foi proposto um novo método para ser utilizado no presente estudo.

A análise inicial revelou que a imperfeição estava fora de controlo e, portanto, não fazia sentido calcular os índices de capacidade. Decidiu-se então estudar o processo de modo a aumentar o estado de conhecimento e poder atuar sobre o processo.

Por utilização das mais diversas técnicas de qualidade e melhoria contínua, identificaram-se e classificaram-se as principais causas geradoras do defeito, que posteriormente foram estudadas quanto à sua influência no processo.

Identificaram-se duas características como as mais influentes na geração da imperfeição, nomeadamente a adesividade e a tensão do material. No que diz respeito à adesividade, constatou-se haver uma grande variação no valor desta propriedade, nomeadamente entre materiais, entre rolos de tecido metálico e até entre início e fim de rolo. Relativamente à tensão, mostrou-se que a uniformidade da tensão ao longo

do rolo é favorável ao processo de corte. Verificou-se também que não existe uma relação direta entre a tensão nas cordas e a tensão no rolo calandrado.

Um outro estudo feito foi a avaliação do alinhamento dos *conveyors* das máquinas de corte, onde ficou provado que máquinas melhor alinhadas não apresentam obrigatoriamente melhores resultados relativamente à imperfeição.

Em suma, o estudo revela que existe uma grande variação nas propriedades dos materiais nos processos anteriores ao corte, que aumentam a entropia do processo, dificultando a forma de trabalhar e a avaliação dos problemas.

Na Tabela 50 apresenta-se um resumo sobre os objetivos principais, sobre os resultados que poderiam ser alcançados com a sua obtenção e uma sucinta avaliação do percurso.

Tabela 50 - Ponderação sobre os objetivos

Objetivo	Resultados	Balanço
Aquisição de <i>know-how</i> sobre a ocorrência da imperfeição.	Do estudo resultou um grande aumento do conhecimento sobre o processo, onde ficou patente uma maior influência por parte da tensão e da adesividade.	Conseguido
Melhoria dos índices de capacidade.	O cálculo dos índices de capacidade não foi sequer abordado, devido a ter-se encontrado a imperfeição fora de controlo estatístico.	Não foi possível.
Aumentar a estabilidade do processo.	O aumento da estabilidade do processo está associado a uma melhoria dos índices de capacidade.	Não foi possível.
Propor soluções com potencial de reduzir o problema em questão.	Foram feitas duas propostas a implementar e sugeriu-se ainda uma terceira para trabalhos futuros.	Conseguido.
Redução do tempo perdido e da taxa de sucata.	Não foram feitas implementações permanentes, que permitissem inferir tal afirmação, no entanto, o facto de se terem encontrado os problemas e de se terem proposto soluções, aponta ser esse o resultado final.	Parcialmente conseguido.
Implementações	Apesar de também não ter sido inicialmente definido como um objetivo a alcançar, foram implementadas posições de teste no processo de calandra e deixou-se definido o fundamental para implementação de um sistema de anti adesividade, no processo de corte.	Parcialmente conseguido

Em conjunto com as melhorias conseguidas para a empresa e para o processo, foram também alcançadas mais-valias a nível pessoal, que só com a realização do estágio foram possíveis:

- Introdução ao mundo empresarial;
- Perceber a importância do relacionamento interpessoal;
- Perceber como funciona uma grande organização, como se gere toda a informação diária e como esta flui através da articulação dos vários departamentos.
- Acolher um projeto, traçar o caminho e assumir as responsabilidades das escolhas feitas;
- Ligar o que foi recebido no mundo académico ao meio industrial e através das ferramentas adquiridas definir as aquisições necessárias.

## 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

No seguimento lógico do que foi apresentado nas conclusões, sugere-se aumentar o nível de informação retirada do processo de corte, introduzindo a avaliação da adesividade e teste de *tip-rise*, no plano de controlo do corte metálico.

Sugere-se também aumentar o nível de controlo nos processos anteriores e restringir a intervenção do operador. Posto isto, devem-se estudar os valores ótimos de tensão e adesividade.

Por uma das causas mais influentes se encontrar no *creel* da máquina que produz o tecido metálico e por estes ser constituído por 1456 posições, o que torna a sua manutenção difícil, sugere-se a estruturação de um plano de manutenção preditiva.

O desenvolvimento e implementação das soluções propostas são também sugestões para trabalhos futuros.

Para que se produza material com qualidade é necessária a motivação dos operadores e, como tal, sugere-se a compensação da produtividade aliada à qualidade em detrimento da compensação apenas pela quantidade.

É necessário sensibilizar todos os intervenientes do processo sobre a sua responsabilidade na qualidade do produto e não só o operador.



**BIBLIOGRAFIA E  
OUTRAS FONTES DE  
INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] INTELI, *Diagnóstico da Indústria Automóvel. Ministério Da Economia E Inovação. AECA*, 2005.
- [2] Statista, «Number of cars sold worldwide from 1990 to 2018 (in million units)», *Statista*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/>. [Acedido: 20-Ago-2018].
- [3] Statista, «Revenue\* of the leading automotive manufacturers worldwide in FY 2017 (in billion U.S. dollars)», *Statista*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/232958/revenue-of-the-leading-car-manufacturers-worldwide/>.
- [4] Global Portugal, «Portugal global», *Maio N°87*, Mai-2016.
- [5] J. Leite, «Mabor - Manufatura Nacional de Borracha», *Restos de Coleção*, 2012. [Online]. Disponível em: <https://restosdecoleccion.blogspot.com/2012/01/mabor-manufatura-nacional-de-borracha.html>. [Acedido: 02-Abr-2018].
- [6] L. P. Féria, *A História do Sector Automóvel em Portugal*, Lisboa, Fe. Lisboa: Economia, GEPE - Gabinete de Estudos e Prospetiva Económica do Ministério da, 1999.
- [7] AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel, «Exportações janeiro 2018 Indústria de Componentes para Automóveis», 2018.
- [8] J. Girão, «Setor automóvel vale 5,9% do PIB e emprega 72 mil pessoas», *Diário de Notícias*, 16-Jan-2018.
- [9] S. Falk B, «No Sensory QFD: Matching Sensation with Measurement», *Procedi CIRP*, pp. 248–253, 2014.
- [10] D. A. Norman, *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. New York: Basic books, 2013.
- [11] ZERO - Associação Sistema Terrestre Sustentável, «Amanhã, 2 de Agosto, esgotaremos os recursos naturais do Planeta disponíveis para este ano», *Zero*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://zero.org/zero-alerta-que-o-cartao-de-credito-ambiental-e-usado-cada-vez-mais-cedo/>.
- [12] Ö. Simsekoglu, «Socio-demographic characteristics, psychological factors and

- knowledge related to electric car use: A comparison between electric and conventional car drivers», *Transp. Policy*, n. March, pp. 1–7, 2018.
- [13] J. Fontáinhas, J. Cunha, e P. Ferreira, «Is investing in an electric car worthwhile from a consumers' perspective?», *Energy*, vol. 115, pp. 1459–1477, 2016.
- [14] R. Danielis, M. Giansoldati, e L. Rotaris, «A probabilistic total cost of ownership model to evaluate the current and future prospects of electric cars uptake in Italy», *Energy Policy*, vol. 119, n. January, pp. 268–281, 2018.
- [15] T. A. S. Nielsen e S. Haustein, «On sceptics and enthusiasts: What are the expectations towards self-driving cars?», *Transp. Policy*, vol. 66, n. March, pp. 49–55, 2018.
- [16] M. Schellekens, «Self-driving cars and the chilling effect of liability law», *Comput. Law Secur. Rev.*, vol. 31, n. 4, pp. 506–517, 2015.
- [17] H. ElMaraghy, J. Lee, H.-A. Kao, e S. Yang, «Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment», em *Procedia CIRP*, 2014, vol. 16, pp. 3–8.
- [18] F. Almada-Lobo, «The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)», *J. Innov. Manag. JIM*, p. 16+21, 2015.
- [19] National Museums Scotland, «Dunlop tyre», *National Museums Scotland*. [Online]. Disponível em: <https://www.nms.ac.uk/explore-our-collections/stories/science-and-technology/made-in-scotland-changing-the-world/scottish-science-innovations/dunlop-tyre/>. [Acedido: 14-Mai-2018].
- [20] WBCSD, «Managing End-of-Life Tires», *World Bus. Counc. Sustain. Dev.*, 2008.
- [21] Güçülü Polimer Sanayi ve Ticaret S.S., «NITRILE (NBR) RUBBER COMPOUND», *Rubber compounding*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.rubbercompounding.net/product-detail/83/nitrile-nbr-rubber-compound/>. [Acedido: 06-Jun-2018].
- [22] Erdemtas, «Bead Building Machine», *Erdemtas*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.erdemtas.com/en/field-of-activity/machinery-manufacturing/bead-building-machine/>. [Acedido: 06-Jun-2018].
- [23] CycleNews, «How a Continental Motorcycle Tire is Made», *CycleNews*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.cyclenews.com/wp-content/uploads/2018/03/Conti-8-Textile-Fabric.jpg>. [Acedido: 15-Ago-2018].
- [24] Town and Country, «Your Local Choice for Tires», *Town and country Auto repair*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.townandcountryautorepair.com/tires/>. [Acedido: 06-Jun-2018].
- [25] General Tyre, «General Tyre Relaunches Its Range And Brand Pro In», *Pins*

- Daddy*, 2018. [Online]. Disponível em: [http://www.pinsdaddy.com/general-tyre-relaunches-its-range-and-brand-pro-in\\_UcsQOnLkdEfsty0opWHn9ZQROz4vSeBzvVnWqcGzl024CWSw5aCUvdDuG8Pe7dPMakMAKAWEK8rMCNcVxBYwag/CP2Qmitc3TFNToAzrYB8fSfq%7C7bhCWo8rAy28ZDWf3YKawJF2WBy3YjrxXtvqLq1sBFleogCVAgrp7e8cXLjraXPV](http://www.pinsdaddy.com/general-tyre-relaunches-its-range-and-brand-pro-in_UcsQOnLkdEfsty0opWHn9ZQROz4vSeBzvVnWqcGzl024CWSw5aCUvdDuG8Pe7dPMakMAKAWEK8rMCNcVxBYwag/CP2Qmitc3TFNToAzrYB8fSfq%7C7bhCWo8rAy28ZDWf3YKawJF2WBy3YjrxXtvqLq1sBFleogCVAgrp7e8cXLjraXPV). [Acedido: 06-Jun-2018].
- [26] Jos Uijlenbroek, «RFID is transforming the tire industry», *Rubber News*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.rubbernews.com/article/20180621/NEWS/180629982/column-rfid-is-transforming-the-tire-industry>. [Acedido: 16-Mai-2018].
- [27] X. Zhang, T. Guo, T. Xiang, Y. Dong, J. Zhang, e L. Zhang, «Quantitation of isoprenoids for natural rubber biosynthesis in natural rubber latex by liquid chromatography with tandem mass spectrometry», Elsevier B.V., 2018.
- [28] Matador Rubber, «RUBBER CHEMISTRY». Education and Culture Leonardo da Vinci, 2007.
- [29] G. Roncken, «Tire Building Industry», *TKH Gr. Solut. Provid.*, n. November, 2016.
- [30] J. P. Womack, D. T. Jones, e D. Roos, *The machine that changed the world*, vol. 35, n. 3. Rawson Associates. New York., 1992.
- [31] J. R. T. Arnold, *Introduction to Materials Management*. Upper Saddle River. New Jersey, 2003.
- [32] P. Gupta, «Innovation: The Key to a Successful Project», *Six Sigma Forum Magazine*, pp. 13–17, 2005.
- [33] Knowles, G. L. Whicker, J. Heraldez, e F. Canalest, «A conceptual model for the application of Six Sigma methodologies to supply chain improvement», *Int. J. Logist. Res. Appl.*, pp. 51–65, 2005.
- [34] D. R. Tobergte e S. Curtis, *Criando a Cultura Seis Sigma*, vol. 53, n. 9. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2013.
- [35] M. C. C. Werkema, *Lean Seis Sigma - introdução às ferramentas do Lean Manufacturing.*, Werkema Ed., vol. 2, n. 2. Werkema Editora, 2006.
- [36] M. H. Caleb Li e A. Al-Refaie, «Improving Wooden Parts' Quality by Adopting DMAIC Procedure», pp. 351–360, 2008.
- [37] R. R. C. Pande, Peter, Neuman, «The six sigma way», McGrawHill, 2000.
- [38] SN Portugal, «Master em Qualidade e Meio Ambiente. Lisboa: Serviços Normativos Portugal», *Serviços Norm. Port.*, 2009.
- [39] M. G. Cleto e L. Quinteiro, «Gestão de Projetos Através do DMAIC: Um Estudo de Caso na Indústria Automotiva», *Revista Produção Online*, pp. 210–239, 2011.

- [40] J. Rother, M., & Shook, *Learning to see – Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: Massachusetts: The Lean Enterprise Institute., 1999.
- [41] E. Martins, «Seminário sobre Value Stream Mapping», ISEP, Porto, 2016.
- [42] J. P. Pinto, *Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro. Comunidade Lean Thinking*. Comunidade Lean Thinking, 2008.
- [43] M. A. A. Nogueira, «Implementação da Gestão da Produção Lean: Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.», Universidade Nova de Lisboa, 2010.
- [44] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: USA: Productivity Press, 1988.
- [45] L. S. Phillips, *Cruise to Success*. Chandos Publishing, 2009.
- [46] M. M. Novicevic, M. Harvey, C. W. Autry, e E. U. B. Iij, «intelligence and planning», 1999.
- [47] G. Gajanand e M. P. Rajesh, «A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework», *J. Qual. Maint. Eng.*, 2016.
- [48] A. Böhm, «The SWOT Analysis», em *Marketing and Sales*, 2008.
- [49] M. Davies e M. Crothers, *Management Extra*. Lavoisier, 2009.
- [50] W. R. Argawal e P. G. Joy, «Meta-SWOT: introducing a new strategic planning tool», *J. Bus. Strategy*, 2012.
- [51] B. A. Henderson e L. J. L., *Lean Transformation: How to Change Your Business into a Lean Enterprise*. The Oaklea Press, 1999.
- [52] T. P. D. Team, «Just in time for Operators». Productivity Press, New York, 1998.
- [53] W. M. Feld, *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Boca Raton: The CRC Press Series on Resource Management, 2001.
- [54] K. W. Dailey, *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. Lean Institute, 2003.
- [55] T. Mclean, *Grow Your Factory, Grow Your Profits*. CRC Press, 2015.
- [56] D. P. Hobbs, *Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer*. J. Ross Publishing, 2003.
- [57] S. Ghosh e C. R. Rao, *Design and Analysis of Experiments*. Elsevier Science B.V., 1996.
- [58] Z. L. Pereira, «Planeamento e Controlo de Qualidade», 1998.
- [59] R. A. Fischer, *Design of Experiments*. Edinburg: Oliver & Boyd, 1951.

- [60] D. C. Montgomery, «Design and Analysis of Experiments». JOHN WILEY & SONS, INC., 2001.
- [61] J. Antony, *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. Oxford: Elsevier, 2003.
- [62] M. Proust, *Design of Experiments Guide*. SAS Institute Inc, 2009.
- [63] M. Cavazzuti, *Optimization methods: From theory to design scientific and technological aspects in mechanics*. Springer, 2013.
- [64] R. Roy, «A Primer on the Taguchi Method (Competitive Manufacturing Series)». Society of Manufacturing Engineers, 1990.
- [65] R. M. F. Aguiar, «R.M.F. - Projeto Robusto, Material de Apoio do Curso no Âmbito dos consultores em engenharia de valor».
- [66] G. W. Oehlert, *A First Course in Design and Analysis of Experiments*, vol. 57, n. 1. Minnesota, 2003.
- [67] K. W. Williams, B. Bellows, D. Dees, D. Engler, R. Lindner, e J. J. King, *Praise for Taguchi's Quality Engineering Handbook*. JOHN WILEY & SONS, INC., 2005.
- [68] J. Campos, «DOE - Formações», Continental, 2016.
- [69] A. S. Zainol, W. Z. M. Yusof, K. A. Mastor, Z. M. Sanusi, e N. M. Ramli, «Using Group Brainstorming in Industrial Design Context: Factors Inhibit and Exhibit», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 49, pp. 106–119, 2012.
- [70] M. Litcanu, O. Prosteian, C. Oros, e A. V. Mnerie, «Brain-Writing Vs. Brainstorming Case Study For Power Engineering Education», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 191, pp. 387–390, 2015.
- [71] H. Al-Samarraie e S. Hurmuzan, «A review of brainstorming techniques in higher education», *Think. Ski. Creat.*, vol. 27, n. November 2017, pp. 78–91, 2018.
- [72] M. Dudbridge, *Handbook of lean manufacturing in the food industry*. JOHN WILEY & SONS, INC., 2011.
- [73] K. Ishikawa, «Guide to Quality Control». Asian Productivity organization, 1976.
- [74] D. Parmenter, *Pareto's 80/20 Rule for Corporate Accountants*. JOHN WILEY & SONS, INC., 2007.
- [75] A. S. Hall, A. R. Halowanko, e H. G. Laughlin, «Schaum's Outline Series: Theory and Problems of Machine Design», *McGraw-Hill*. p. 352, 1961.
- [76] P. R. N. Childs, *Mechanical Design*. Elsevier, 2004.
- [77] A. C. Ugural, *Mechanical design an integrated approach.pdf*. McGrawHill.
- [78] R. C. Juvinall e K. M. Marshek, *Fundamentals of Machine Component Design*. JOHN WILEY & SONS, INC., 2012.

- [79] I. L. Krivts e G. V. Krejnin, *Pneumatic Actuating Systems for Automatic Equipment*. Boca raton: CRC Press, 2006.
- [80] A. Barber, *Pneumatic Handbook*, n. December. Science Direct, 1997.
- [81] Traction News Staff, «Continental Tire announces summer rebate promotion», *Traction News*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.tractionnews.com/continental-tire-announces-summer-rebate-promotion/>. [Acedido: 20-Ago-2004].
- [82] Continental, «História», *Continental*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.continental-corporation.com/pt-pt/empresa/história>. [Acedido: 02-Ago-2018].
- [83] Continental, «Organização Corporativa/Áreas de Responsabilidade», *Continental*. [Online]. Disponível em: <https://www.continental-corporation.com/pt-pt/empresa/estrutura-corporativa>. [Acedido: 20-Ago-2005].
- [84] Riyadh, «New Strategic Partnership at KSA», *Teresa Collins*, 2009. [Online]. Disponível em: <https://slideplayer.com/slide/4761307/#>. [Acedido: 20-Jun-2005].
- [85] Statista, «Continental AG's revenue from FY 1999 to FY 2017 (in million euros)», *Statista*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264242/revenue-of-continental-ag-since-1999/>. [Acedido: 20-Ago-2005].
- [86] Statista, «Continental AG's revenue from FY 2009 to FY 2017, by segment (in million euros)», *Statista*. [Online]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/273047/revenue-of-continental-ag-by-segment/>. [Acedido: 20-Ago-2006].

**ANEXOS**



## 6 ANEXOS

## 6.1 Anexo I

# Testes *Tip-rise*

### 6.1.1 Testes Tip-rise Calandra 1

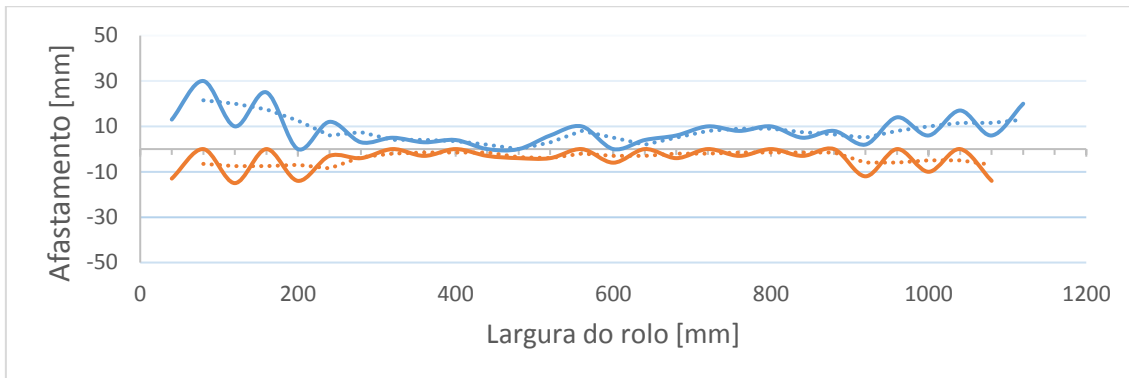


Figura 84 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 1, *creel* superior

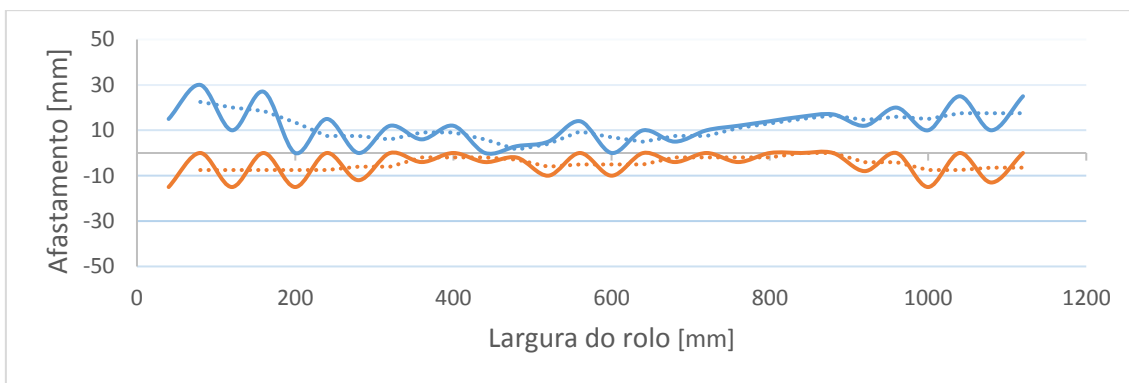


Figura 85 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 2, *creel* superior

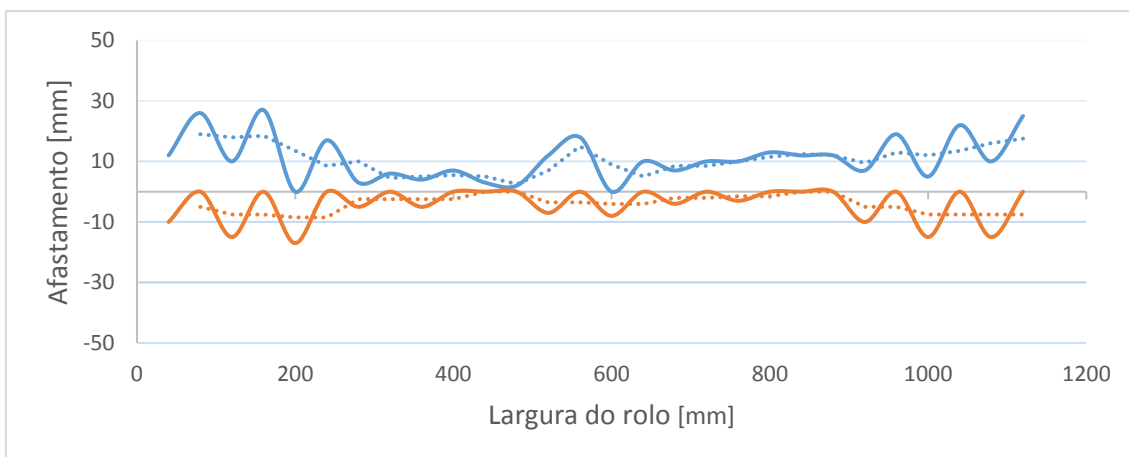
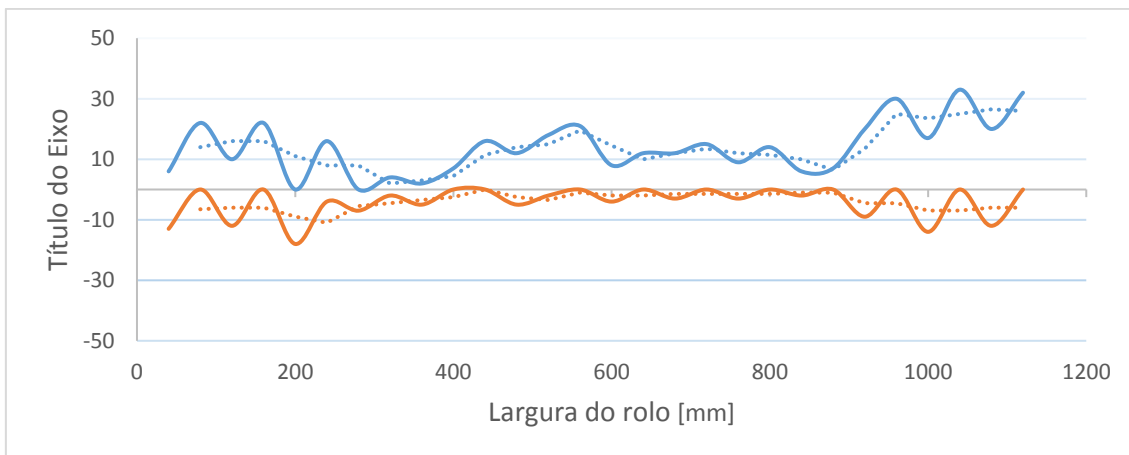
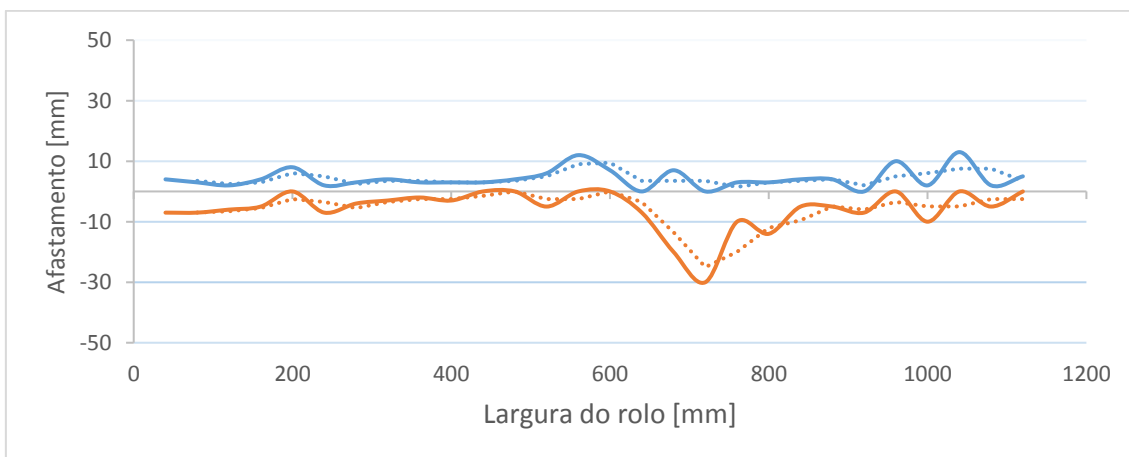
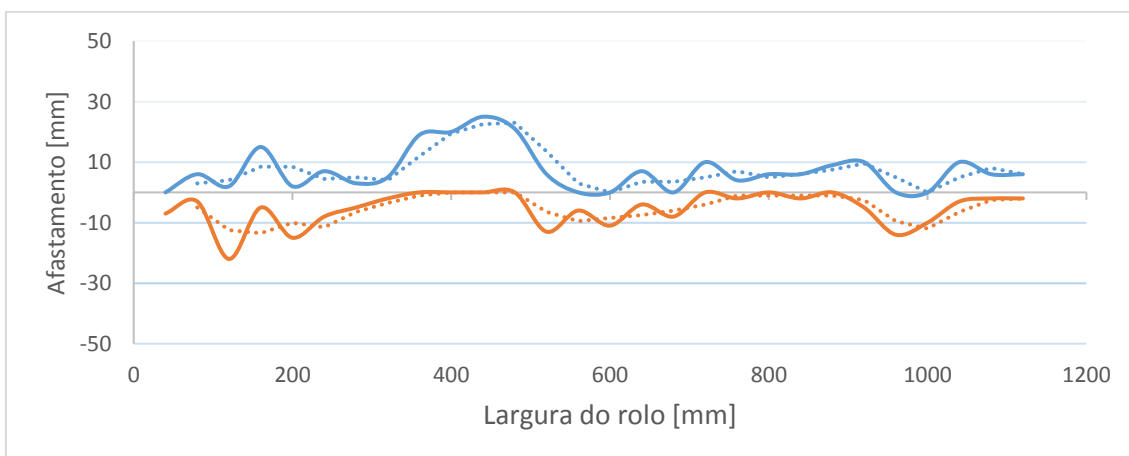
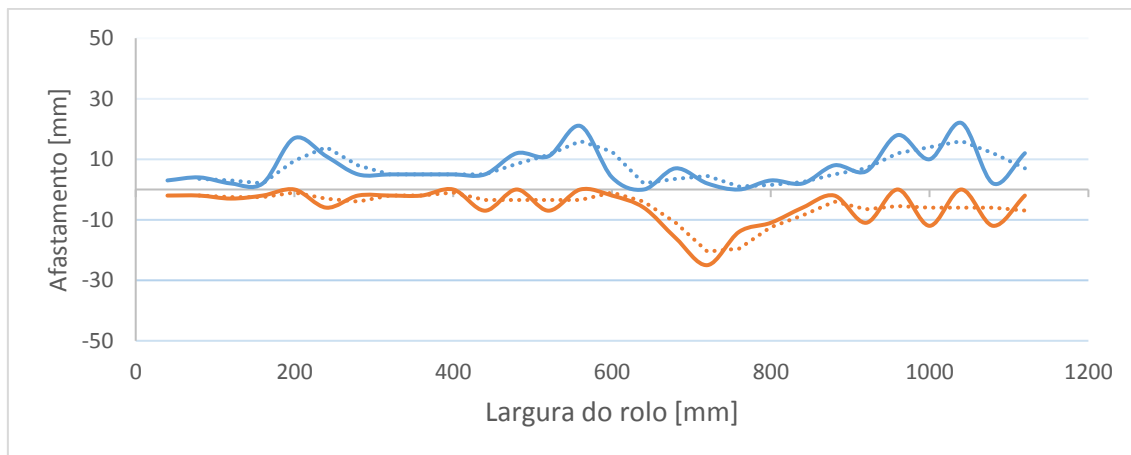
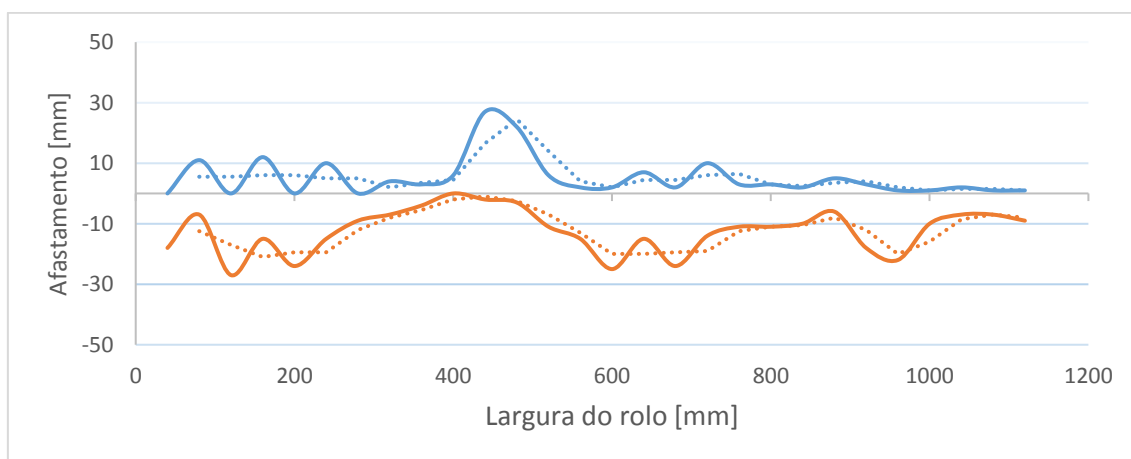
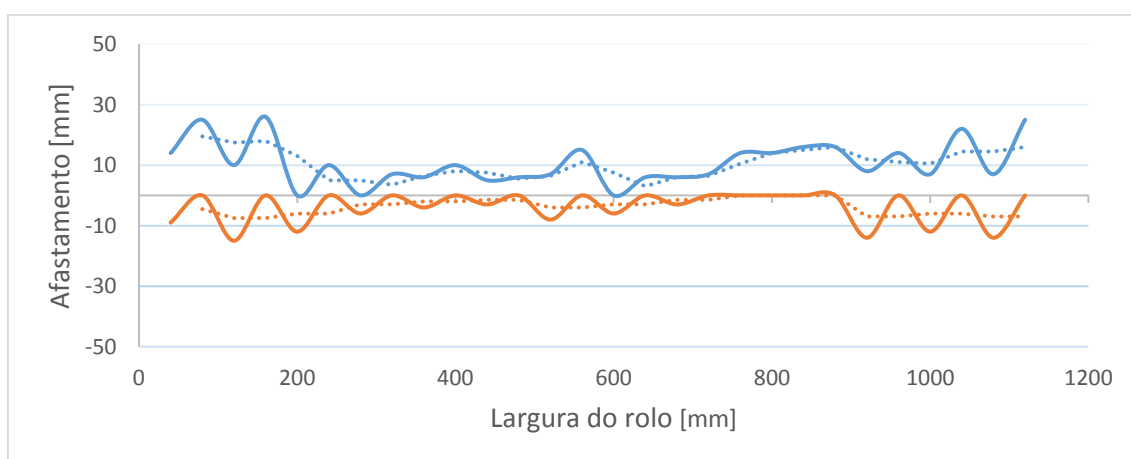
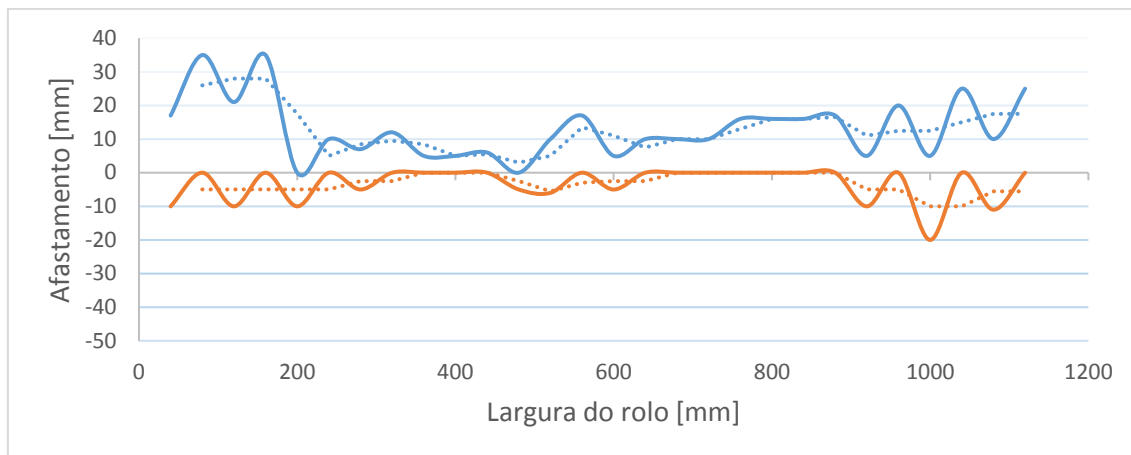
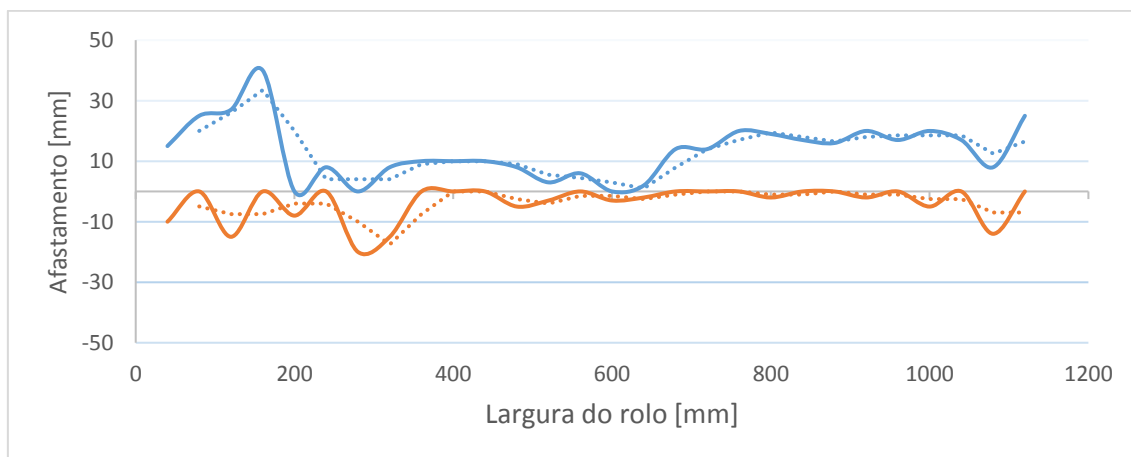
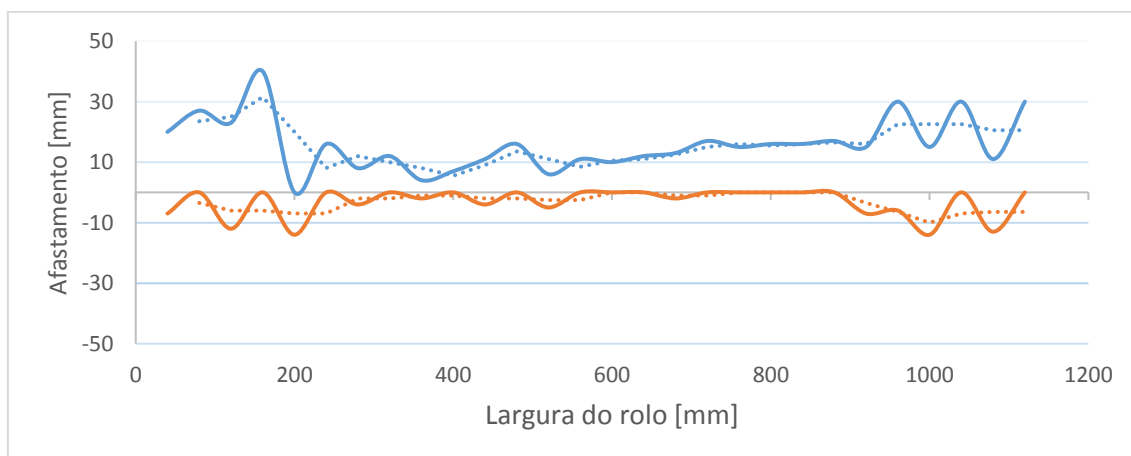
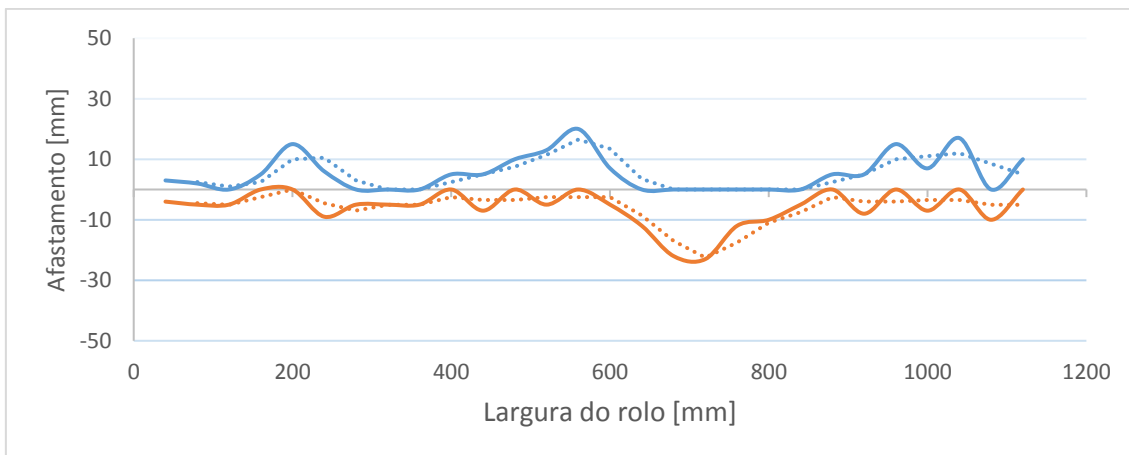
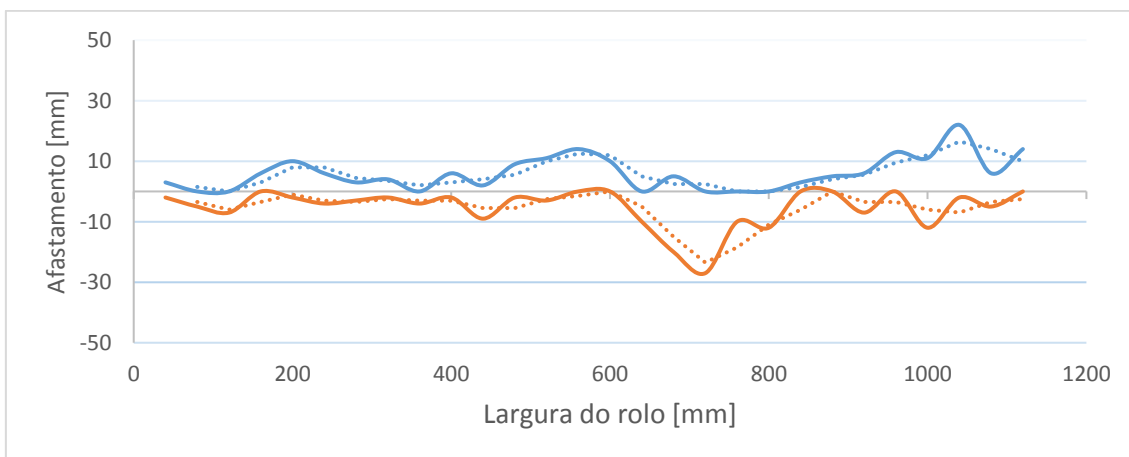
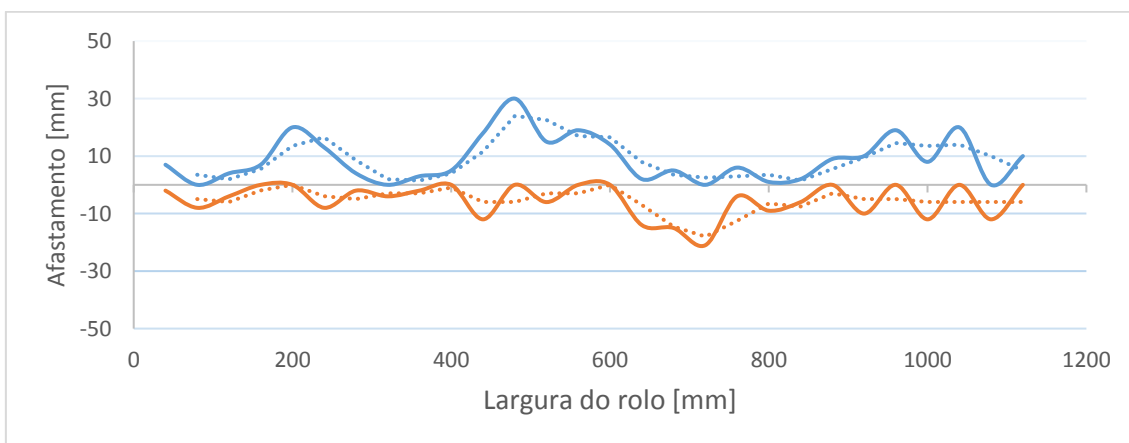


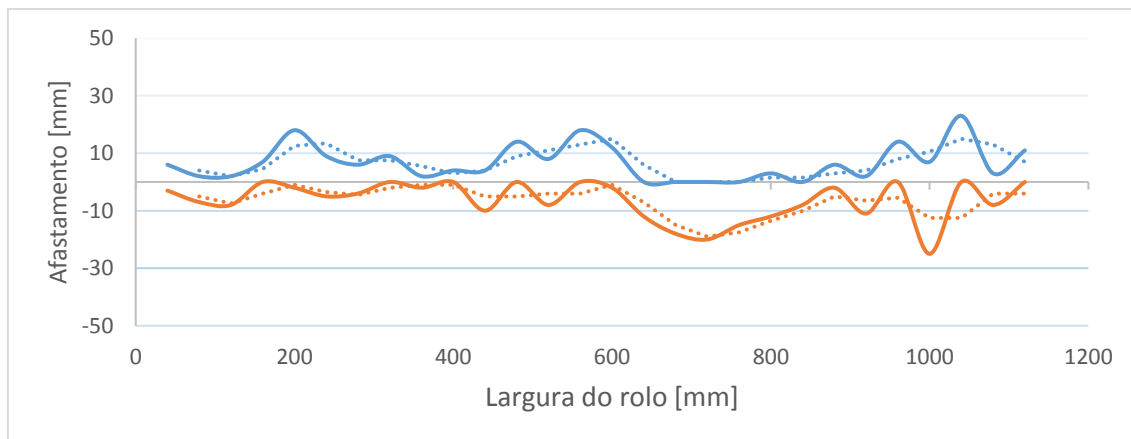
Figura 86 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 3, *creel* superior

Figura 87 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 4, *creel* superiorFigura 88 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 5, *creel* inferiorFigura 89 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 6, *creel* inferior

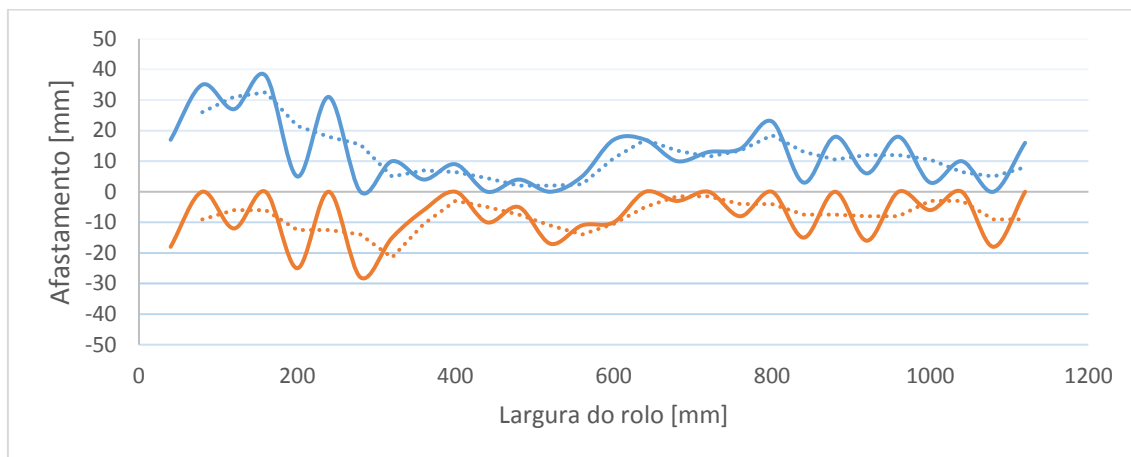
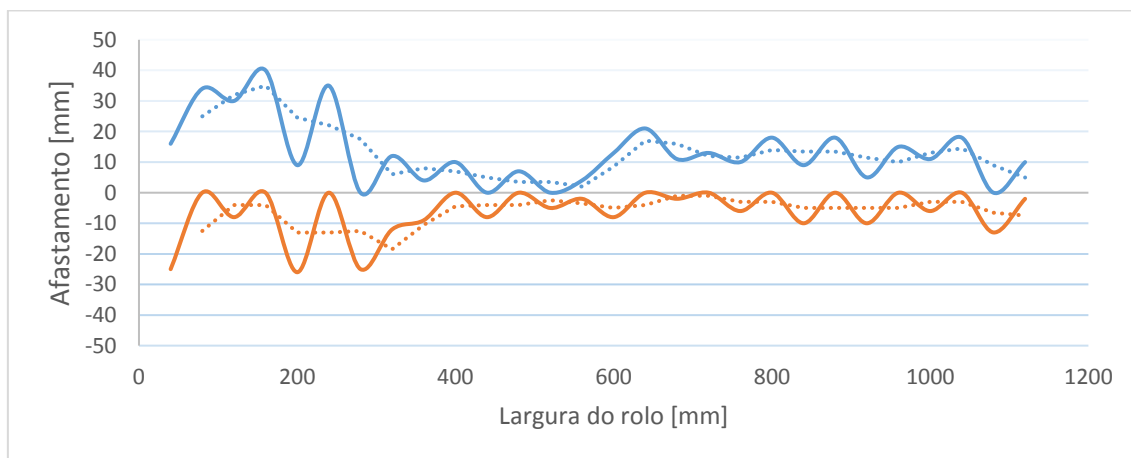
Figura 90 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 7, *creel* inferiorFigura 91 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 8, *creel* inferiorFigura 92 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 1, *creel* superior

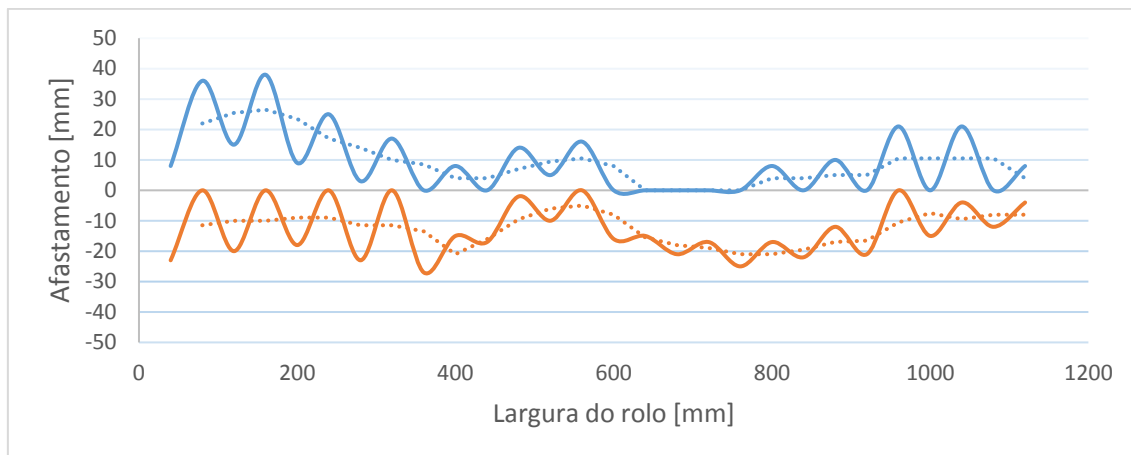
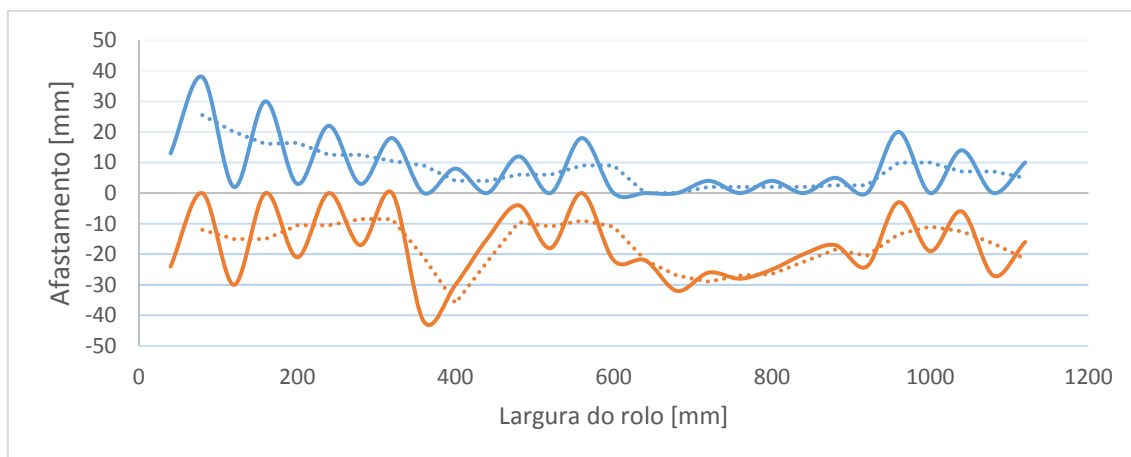
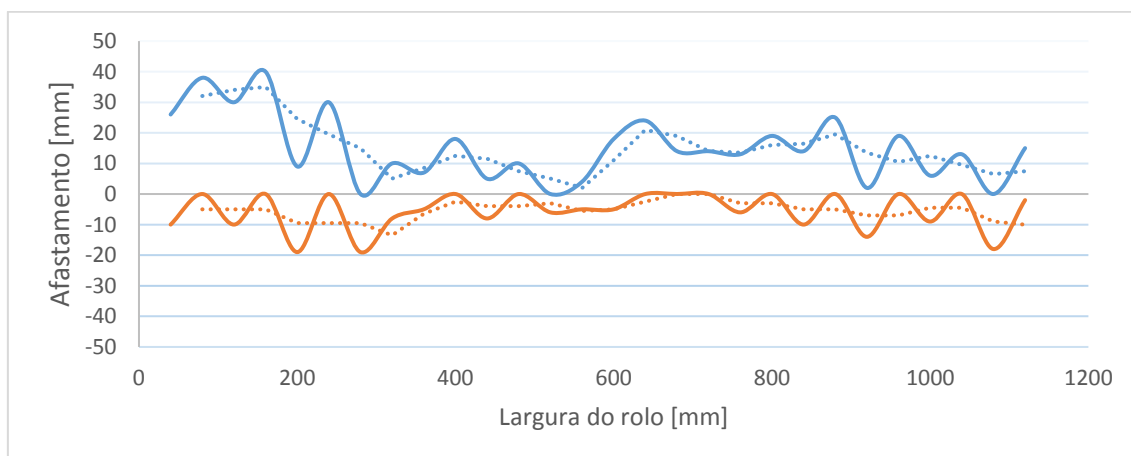
Figura 93 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 2, *creel* superiorFigura 94 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 3, *creel* superiorFigura 95 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 4, *creel* superior

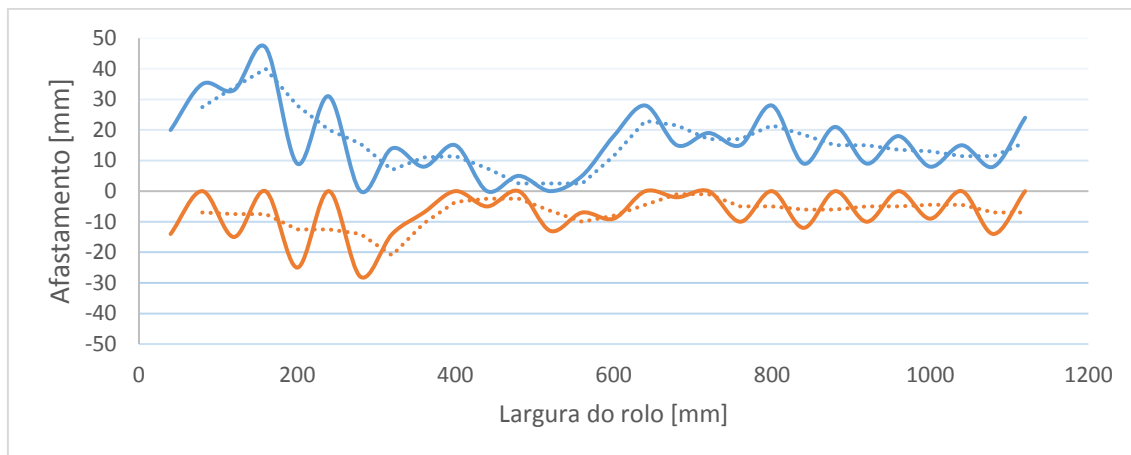
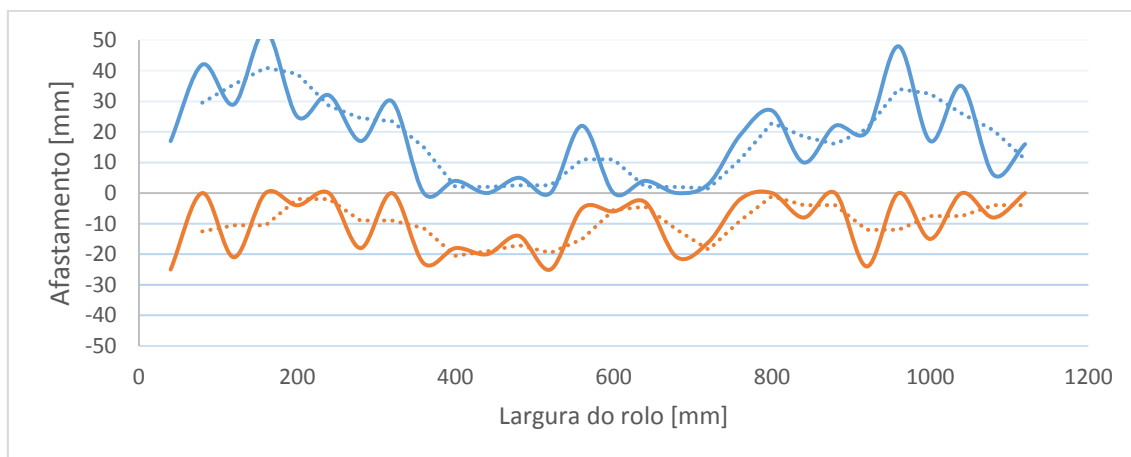
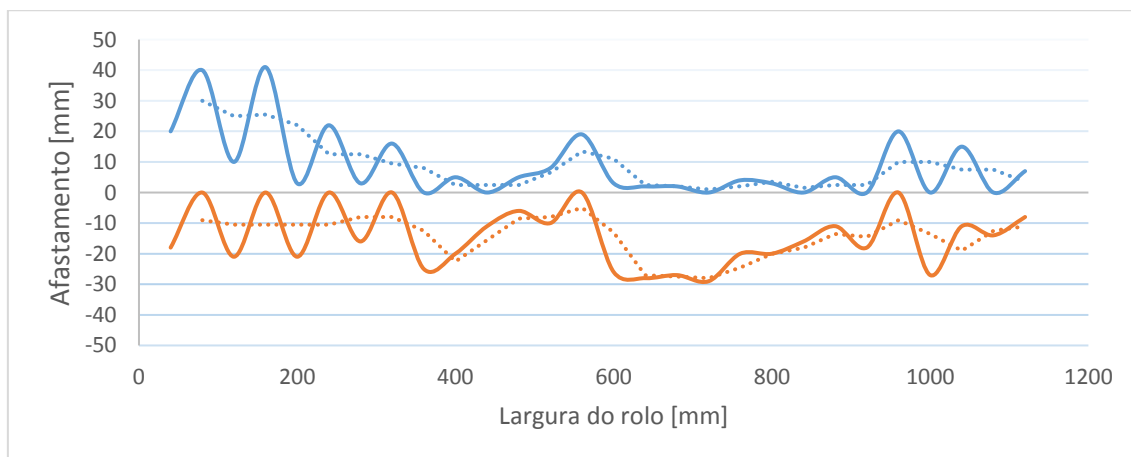
Figura 96 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 5, *creel* inferiorFigura 97 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 6, *creel* inferiorFigura 98 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 7, *creel* inferior

Figura 99 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 8, *creel* inferior

### 6.1.2 Testes *Tip-rise* na calandra 1 com tensões alternadas

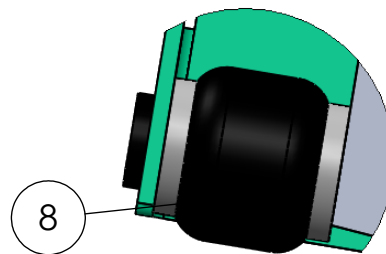
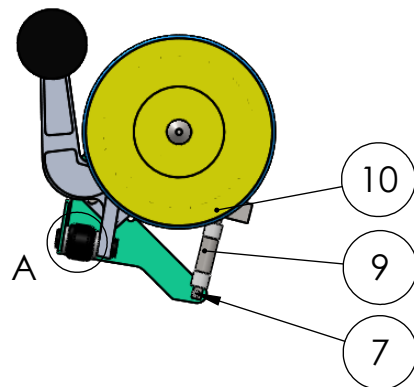
Figura 100 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 9, *creel* superiorFigura 101 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 10, *creel* superior

Figura 102 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 11, *creel* inferiorFigura 103 - Teste *Tip-rise*, início, rolo 12, *creel* inferiorFigura 104 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 9, *creel* superior

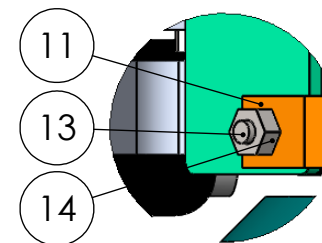
Figura 105 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 10, *creel* superiorFigura 106 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 11, *creel* inferiorFigura 107 - Teste *Tip-rise*, fim, rolo 12, *creel* inferior

## 6.2 Anexo II

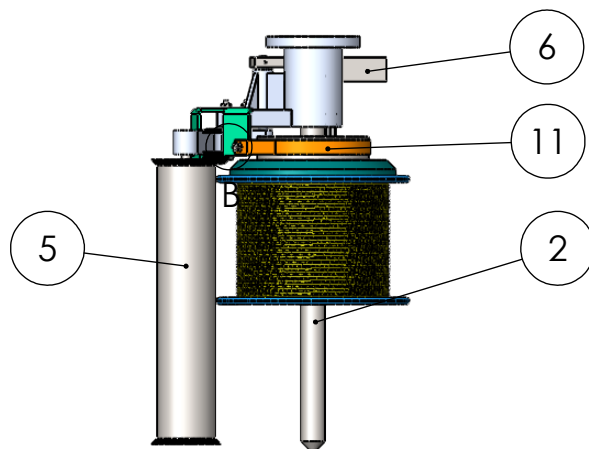
# Desenhos técnicos



Detalhe A  
Escala 1 : 2


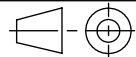


Detalhe B  
Escala 1 : 2

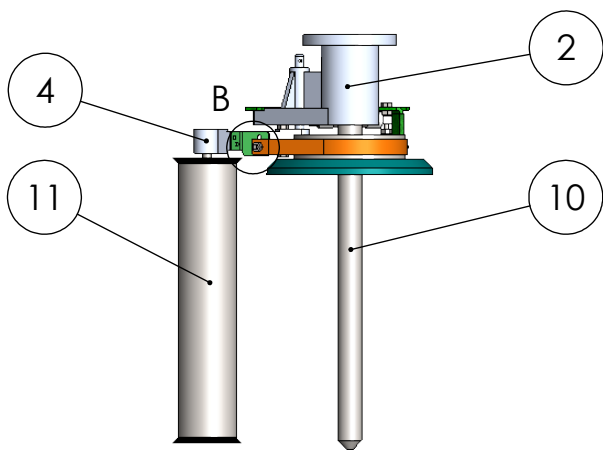
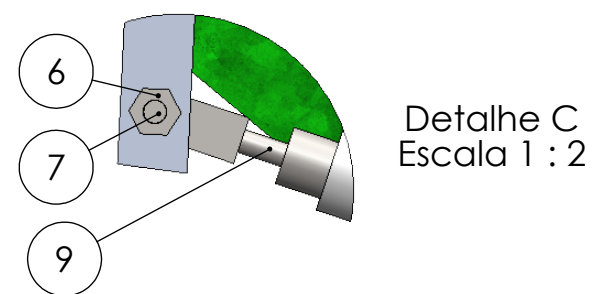
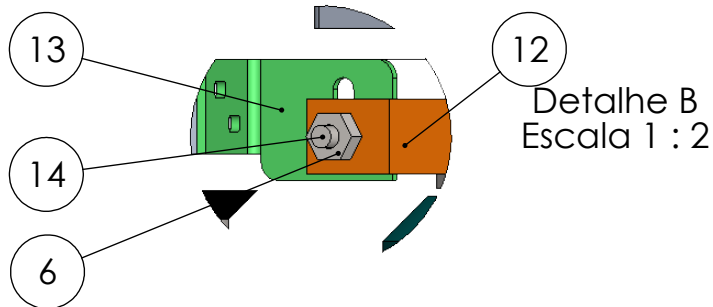
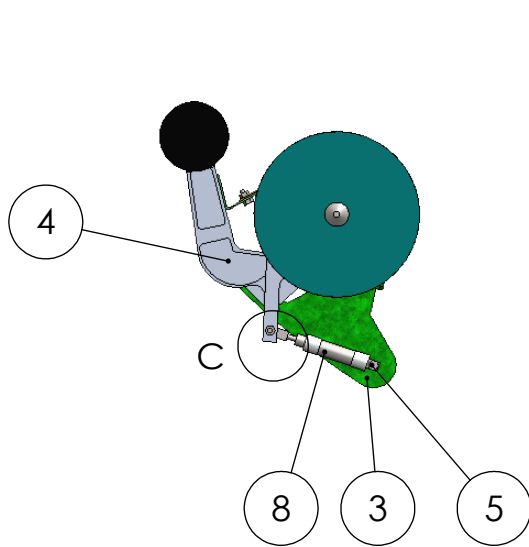


### Lista de Materiais

Nº Item	Nome	Descrição	Material	QTD
2	Pino_bobine			1
3	Peça_suporte_at			1
4	Braço_esquerdo			1
5	Rolo_fio			1
6	Contrabalanço			1
7	Pino_ajuste			1
8	Amortecedor			1
9	corpo_cilindro			1
10	haste_cilindro			1
11	Cinta_trav			1
12	Bobine			1
13	Parafuso_M6x15			2
14	Porca_M6			4
15	Parafuso_M6x35			2
16	base			1


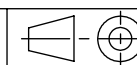
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade
Des.							Massa (g)
Vist.			ISO 2768	mK	Escala- 1:10	 A4	Tratamento
Aprov.							Material
Nome	Mec_atual						C. trabalho
Descrição							Desenho

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



### Lista de Materiais

Nº Item	Nome	Descrição	Material	QTD
2	Suporte			1
3	Peça_suporte_MC	Lazer/Quinagem	Aço ao carbono	1
4	Braço_esquerdo_MC			1
5	Parafuso_M6x35			1
6	Porca_M6			6
7	Parafuso_M6x55			1
8	Corpo_cilindro			1
9	Haste_cilindro			1
10	Suporte_bobine			1
11	Rolo_fio			1
12	Cinta_travão_MC			1
13	Peça_braço	Lazer/Quinagem	Aço ao carbono	1
14	Parafuso_M6x15			2

Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto	Quantidade
Des.			Massa (g)
Vist.		ISO 2768	Tratamento
Aprov.		mK	Material
Nome	Proposta_MC	Escala- 1:10	C. trabalho
Descrição		 A4	Desenho
			1/1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

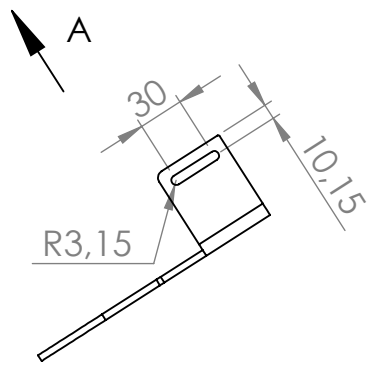
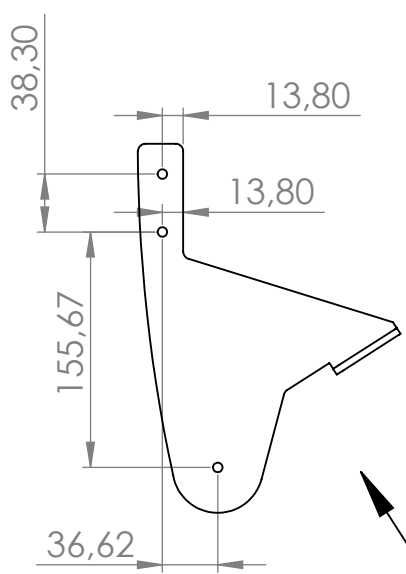
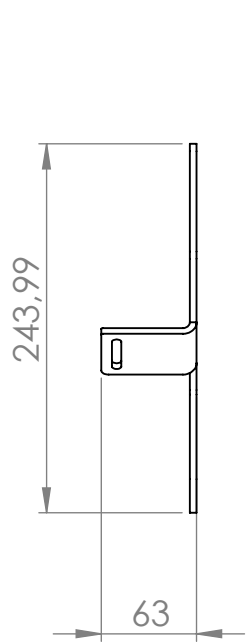
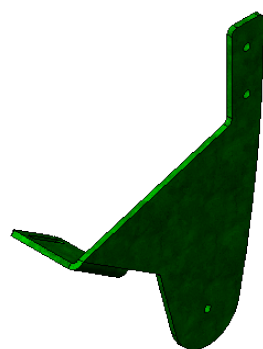
C

B


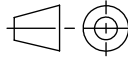
B

A

A



Vista A

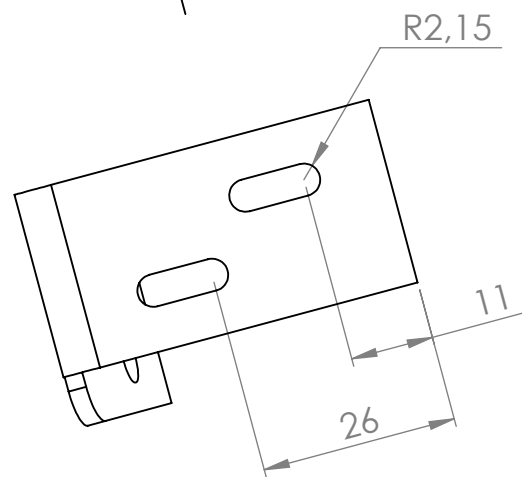
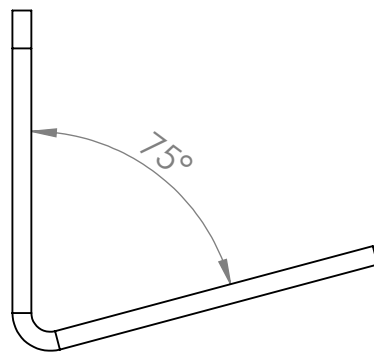
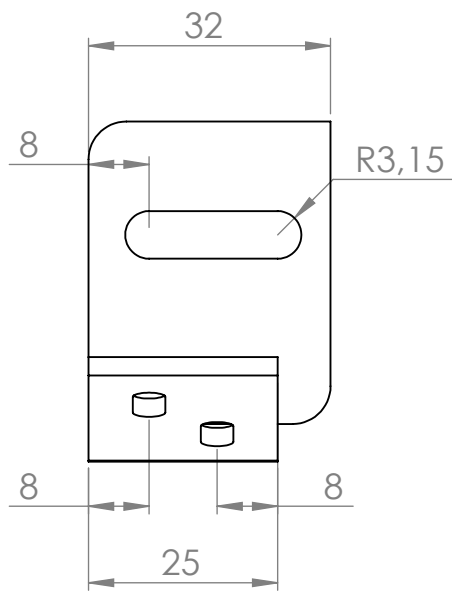
	Nome	Data	 <b>Instituto Superior de Engenharia do Porto</b>				Quantidade		
Des.	João						Massa (g)	704.88	
Vist.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		A4	Tratamento	Galvanizado
Aprov.			Nome: Peça suporte_MC <b>SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only</b>				Material	Aço ao carbono	
							Descrição	Lazer/Quinagem	
			Desenho						1/1

4

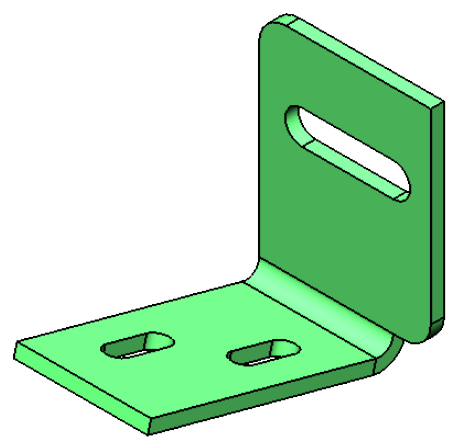
3


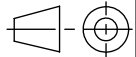
2

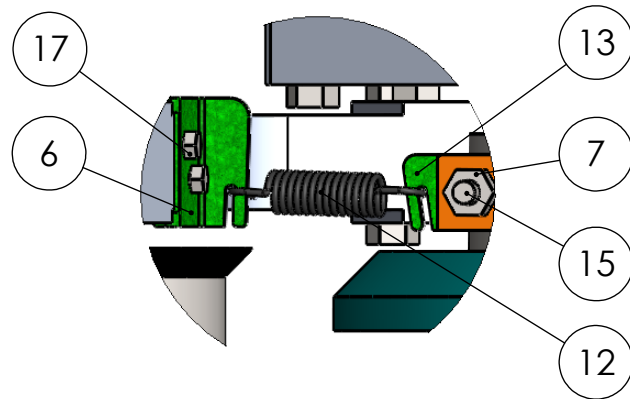
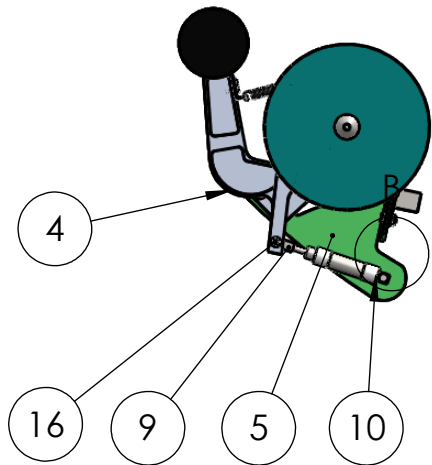
1



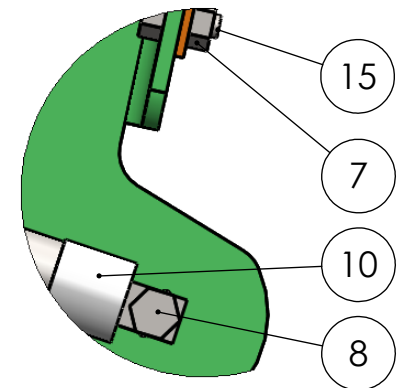
Vista A



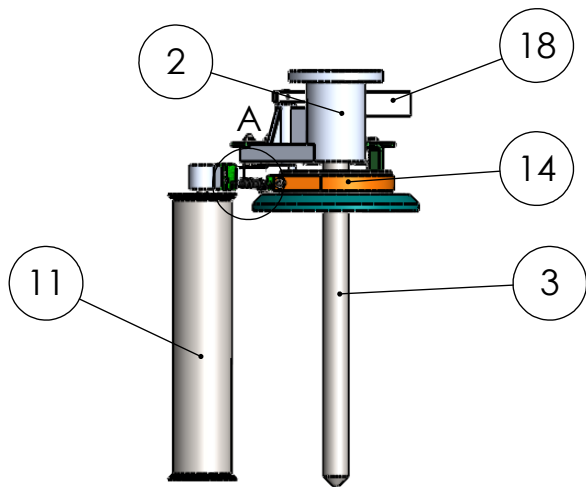
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	
Des.	João						ISO 2768	mK
Vist.							Tratamento	Galvanizado
Aprov.							Material	Aço ao carbono
Nome	Peça braco		Descrição	Lazer/Quinagem				
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only							Desenho	1/1



Detalhe A  
Escala 1 : 2



Detalhe B  
Escala 1 : 2



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Lista de Materiais

Nº Item	Nome	Descrição	Material	QTD
2	Suporte			1
3	Suporte_bobine			1
4	Braço_esquerdo_MC1.1			1
5	Chapa_suporte_MC1.1	Lazer/Quinagem	Aço ao carbono	1
6	Chapa_braço_MC1.1	Lazer/Quinagem	Aço ao carbono	1
7	Porca_M6			8
8	Parafuso_M6x35			3
9	Haste_cilindro			1
10	Corpo_cilindro			1
11	Rolo_fio			1
12	Mola			1
13	Chapa_fixação_cinta_MC1.1	Laser/Quinagem	Aço ao carbono	1
14	Cinta_travão_MC1.1			1
15	Parafuso_M6x15			2
16	Parafuso_M6x55			1
17	Parafuso_M4x10			2
18	Contrabalanço			1

Nome		Data					Quantidade	
Des.	Grupo 3	29/12/17					Massa (g)	
Vist.	Grupo 3	29/12/17	Tratamento					
Aprov.	Grupo 3	29/12/17	Material					
Nome		Proposta_MC1.1	ISO 2768	mK	Escala- 1:10		C. trabalho	
Descrição							Desenho	1/1

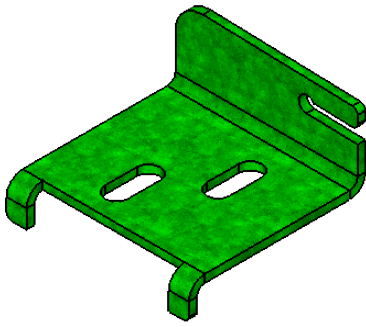
4 3 2 1

F

F

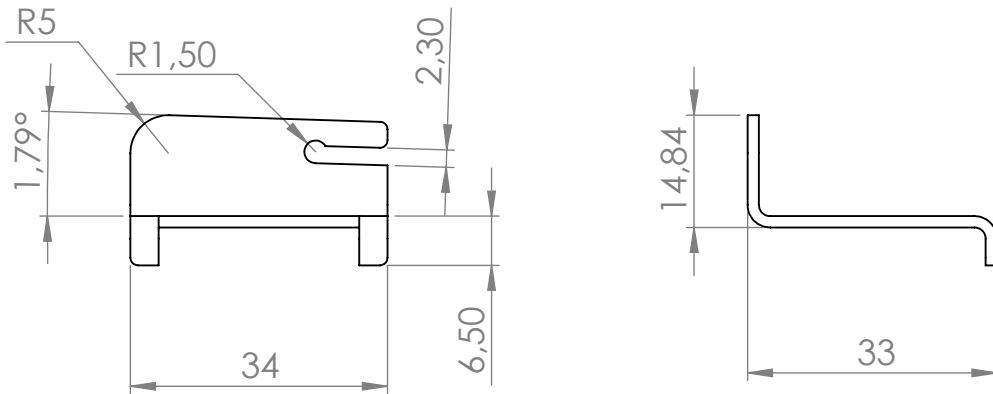
E

E



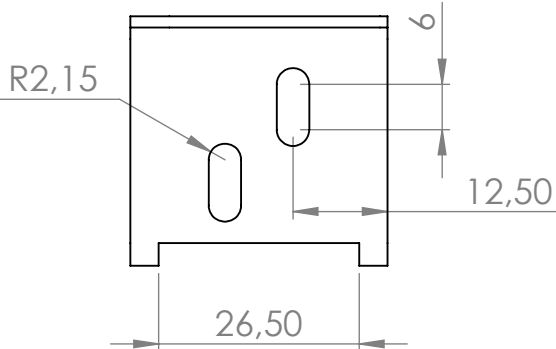
D

D



C

C




B

B

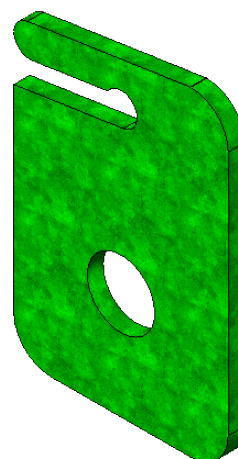
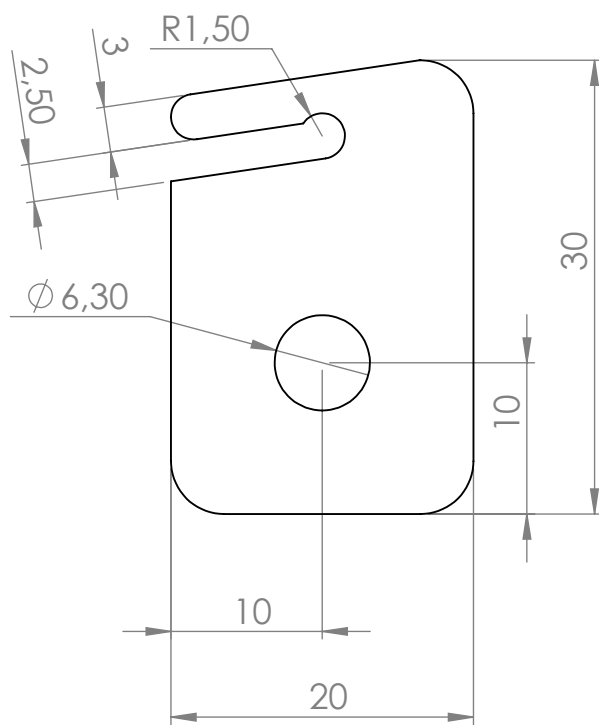
A


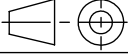
A

	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	
Des.	João						Massa (g)	16.14
Vist.			Tratamento	Galvanizado				
Aprov.			Material	Aço ao carbono				
	Nome	Peça braco MC1.1	Descrição	Lazer/Quinagem				
			Desenho	1/1				

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

4 3 2 1



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade		
Des.	João						Massa (g)	6.03	
Vist.			ISO 2768	mK	Escala- 2:1		A4	Tratamento	Galvanizado
Aprov.							Material	Aço ao carbono	
Nome		Peça fixação cinta MC1.1					Descrição	Laser/Quinagem	
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only								Desenho	1/1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

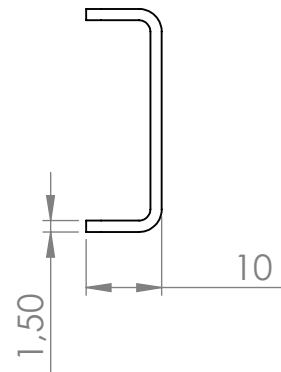
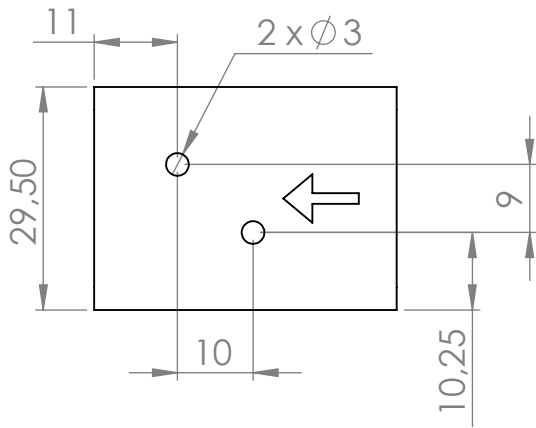
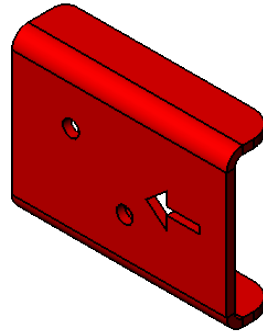
C


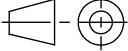
B

B

A

A



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	
Des.	João						Quantidade	Massa (g)
Vist.			ISO 2768	mK	Escala- 1:1	 A4	Tratamento	
Aprov.			Nome Gabari furacão chapa SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only				Material	Aço ao carbono
							Descrição	Corte laser/Quinagem
			Desenho		1/1			

4

3

2

1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

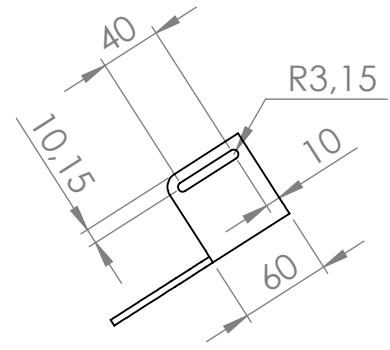
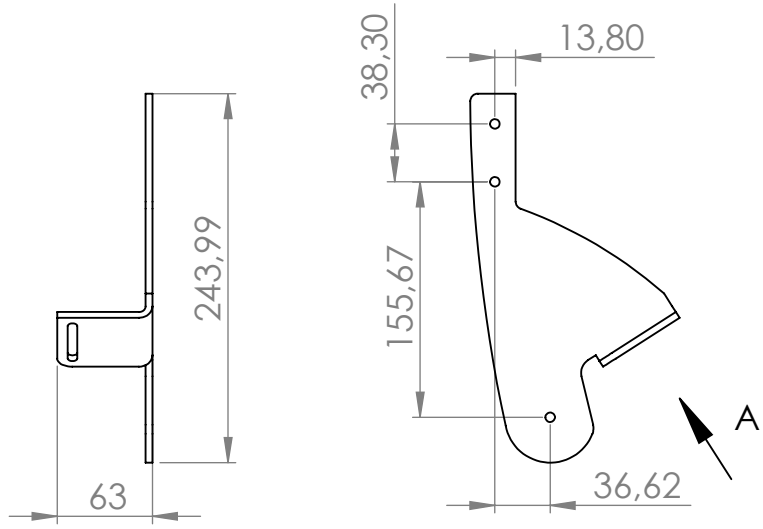
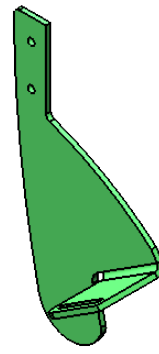
C

B

B

A

A



Vista A  
Escala 1:5

	Nome	Data	Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade		
Des.	João						Massa (g)	645.32	
Vist.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		A4	Tratamento	Galvanizado
Aprov.							Material	Aço ao carbono	
Nome		Peça suporte_MC1.1				Descrição	Lazer/Quinagem		
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only								Desenho	

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

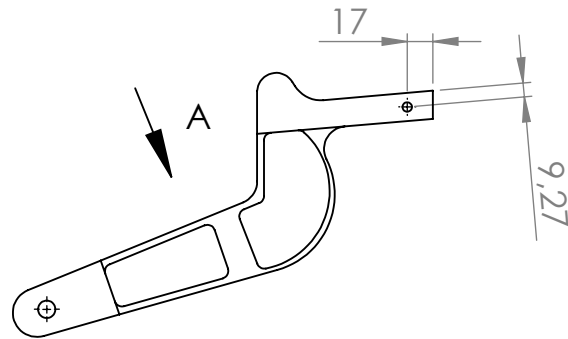
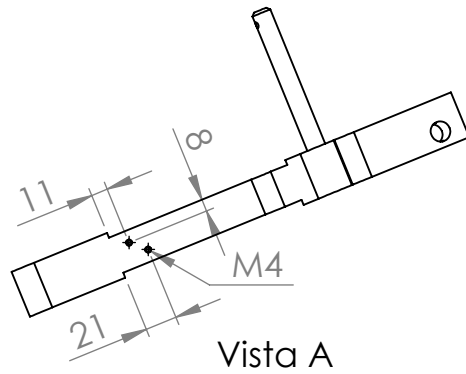
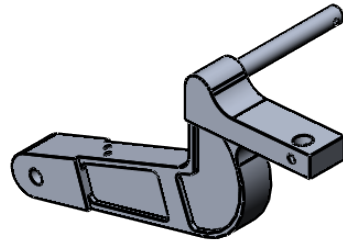
C


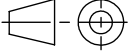
B

B

A

A



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	
Des.	João						Massa (g)	
Vist.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 A4	Tratamento	
Aprov.							Material	
Nome		Braço esquerdo MC1.1					Descrição	
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only							Desenho	1/1

4

3

2

1

### 6.3 Anexo III

## **Análise FMEA - Proposta de alteração do *creel***

Componente	Função	Potencial modo de falha	Efeito de Modo de Falha	Severidade	Causas e mecanismos Potencial de falha	Ocorrência	Controlos Atuais do Processo	Deteção	RPN	Ações Recomendadas
Braço	Suportar rolo	Rotura	Perda do momento de travagem	9	Defeito de fabrico, pancada	1	Inspeção Visual	1	9	
Chapa_braço_MC_1.1	Amarrar mola ao braço	Rotura	Perda do momento de travagem	9	Fadiga	1	Inspeção Visual	1	9	
Chapa fixação_cinta_MC1.1	Amarrar cinta à mola	Rotura	Perda do momento de travagem	9	Fadiga	1	Inspeção Visual	1	9	
Chapa_Suporte_MC1.1	Suportar cilindro	Rotura	Perda do momento de travagem	9	fadiga	1	Inspeção Visual	1	9	
Cinta de travão	Aplicar momento de travagem	Desgaste	Perda do momento de travagem	9	Abrasão	6	Inspeção Visual	8	432	
Contrabalanço	Balancear peso do braço	Rotura	Necessário mais força ara trabalhar	3	Pancada	1	Inspeção Visual	8	24	
Cilindro	Tracionar mola e cinta de travão através do braço	Fuga de ar	Perda do momento de travagem	9	Folgas e fadiga	6	Inspeção Visual	6	324	

Mola	Tracionar cinta de travão	Rotura	Perda do momento de travagem	9	Fadiga	6	Inspeção Visual	2	432	
Rolo	Ajudar o desenrolamento de fio	Rotura		8	Fadiga	1	Inspeção Visual	2	64	
Rolamentos	Facilitar o movimento dos mecanismos em rotação	Oxidação	Aumenta vibração	9	Fadiga	5	Inspeção Visual/auditiva	4	180	
Parafusos	Fixar peças	Oxidação		9	Humidade	1	Inspeção Visual	3	36	Utilizar material resistente à oxidação
		Desenroscar	Perda de peças	9	Trepidação	1	Inspeção Visual	2	36	Utilizar adesivo para fixação de ligações roscadas
Suporte do mecanismo	Suportar toda a estrutura	Rotura	Inutilização da posição	10	Mau dimensionamento	1	Inspeção Visual	2	9	

## 6.4 Anexo IV

### **Análise FMEA – Sistema anti adesividade**

---

Componente	Função	Potencial modo de falha	Efeito de Modo de Falha	Severidade	Causas e mecanismos Potencial de falha	Ocorrência	Controlos Atuais do Processo	Deteção	RPN	Ações Recomendadas
Papel revestido a silicone	Impedir colagem do material	Soltar-se	Contaminação	7	Má colagem ou desgaste	3	Inspeção Visual	8	168	Substituição

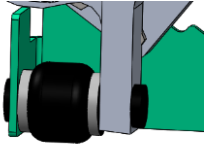

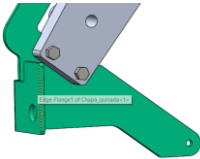
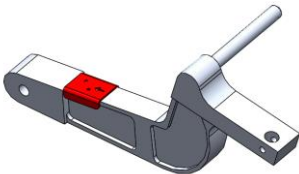
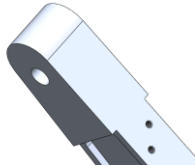

---

## 6.5 Anexo V

# Instruções de montagem

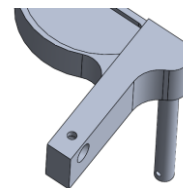
Ordem	Operação	Ilustração
1	Retirar posição da estrutura	
2	Retirar suporte da bobine	
3	Libertar cinta de travão do lado do braço	
4	Desmontar cilindro da chapa de suporte	
5	Libertar cinta de travão do cilindro pneumático	
6	Desmontar contrabalanço	
7	Desmontar rolo	

---

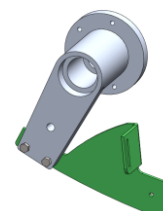
8	Desmontar mola de ar	
9	Desmontar braço	
10	Desmontar chapa de suporte	
11	Na face interior do braço, colocar o gabari de furação da chapa de fixação da mola e fazer a marcação dos furos. Encostar o gabari à parte mais larga, com o a seta a apontar nesse sentido.	
12	Furar braço com broca de 3,5 mm e 15 mm de profundidade.	
13	Roscar com macho M4.	
14	Colocar o gabari como indicado na figura e fazer a marcação da furação	

---

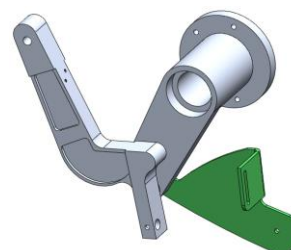
15 Fazer furo vazante, com diâmetro de 6,5 mm.



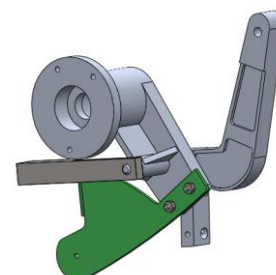
16 Montar chapa de suporte no suporte do mecanismo



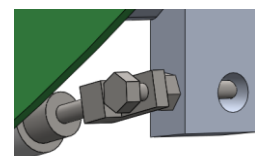
17 Montar braço no suporte do mecanismo



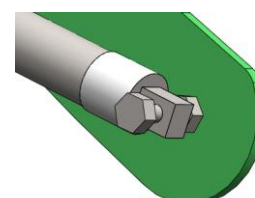
18 Fixar contrabalanço ao braço



19 Fixar cilindro ao braço

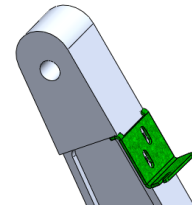


20 Fixar cilindro à chapa de suporte



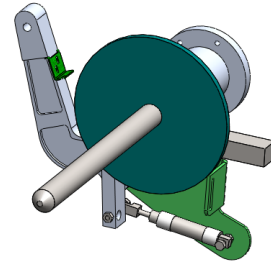
---

21 Montar chapa de engate da mola ao braço



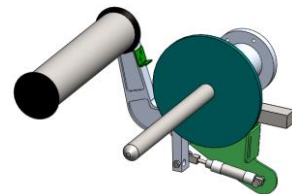
---

22 Montar suporte da bobine.



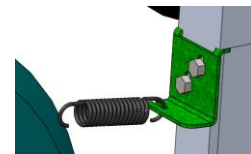
---

23 Montar rolo desenrolador do fio



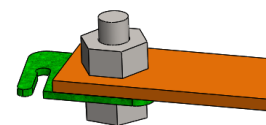
---

24 Montar mola



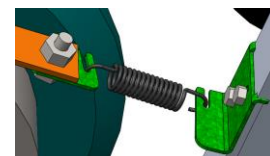
---

25 Fixar peça de engate da mola à cinta.



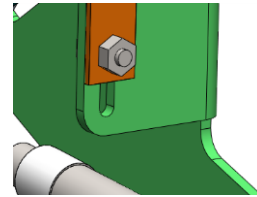
---

26 Fixar cinta do travão à mola.



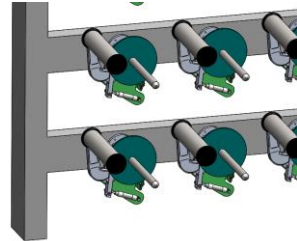
---

27 Fixar cinta à peça de suporte



---

28 Montar posição na estrutura e ligar alimentação de ar comprimido.



## 6.6 Anexo VI

# Documentos



## Política da Empresa

A Política da Continental Mabor assenta nos **Valores** do Grupo, na sua **Missão** que é

- › Criar valor e crescer de forma sustentada e socialmente responsável;
- › Satisfazer os clientes com produtos, serviços e soluções de alta tecnologia;
- › Privilegiar a melhoria contínua com vista à eficiência, qualidade, flexibilidade e inovação;
- › Promover a competência, motivação e excelência dos nossos colaboradores.

E na sua **Visão**









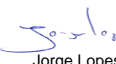





**Ser LÍDER** na Divisão de Pneus da Continental.

São ainda nossos **Compromissos**

- › Cumprir as obrigações legais em vigor e outras aplicáveis;
- › Assumir as responsabilidades sociais;
- › Promover a saúde e a segurança no trabalho;
- › Prevenir e controlar os acidentes graves envolvendo substâncias perigosas;
- › Garantir a proteção do ambiente incluindo a prevenção da poluição e o uso sustentável dos recursos.

Lousado, 2 de janeiro de 2018

### A Direção

 Américo Sequeira  
 Armando Estevão  
 Carlos Gonçalves  
 Domingos Machado  
 Evelyne Marter-Diniz  
 Hélder Oliveira  
 Hugo Pestana  
 João Pedro Ramos  
 Jorge Lopes  
 José Gouveia  
 Márcio Oliveira  
 Rui Baptista  
 Rui Bonifácio  
 Rui Nunes