

## Otimização de uma Máquina de Construção de Talões

Catarina Gonçalves Moreira Dias Gomes

*Dissertação de Mestrado*

Orientador na FEUP: Prof. Dr. José Manuel Ferreira Duarte  
Orientador na Continental Mabor: Eng. Idálio Gonçalves Gomes

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica  
Especialização em Produção, Conceção e Fabrico

Janeiro de 2018



*Ao meu irmão, Tiago*



## Resumo

A indústria automóvel tem presenciado, com o passar dos anos, uma crescente exigência por parte dos clientes, quer a nível de segurança, quer a nível tecnológico. Tal situação conduziu a uma necessidade das marcas de acompanharem esta tendência e responderem em conformidade para não perderem competitividade. A presente dissertação surgiu de uma proposta de estágio de cinco meses por parte da Continental Mabor, que em tudo reflete a vontade da empresa de melhorar a qualidade do produto que inserem no mercado.

Um pneu é um componente que interfere diretamente na estabilidade, na segurança e no desempenho de um automóvel. Assim, todas as suas partes devem ser pensadas e construídas sempre com vista a diminuir ao máximo a possibilidade de falhas. Este trabalho teve como foco principal a construção de talões e o primeiro passo foi a busca pelo total entendimento do processo, das máquinas intervenientes e da função deste componente no produto final.

Posteriormente, é contextualizado o objetivo deste projeto e justificada a opção de intervir na zona de alimentação da máquina e de inserir um controlo e registo assertivos da tensão nos arames. As soluções propostas no final foram pensadas com vista a diminuir o número de imperfeições verificadas nos talões produzidos nesta área, bem como a diminuir os tempos perdidos por avaria. Todas estas hipóteses requerem uma manutenção reduzida e permitem que os trabalhadores continuem a operar as construtoras de talões da mesma maneira, sem necessidade de formações.

Palavras-chave:

- Produção de Pneus
- Talão
- Construtora de Talões
- Aumento de Qualidade
- Redução de Avarias
- Alimentação de Arame
- Travões
- Controlo de Tensão



## **Abstract**

Through the years, the automotive industry has witnessed an increase in client's demands, concerning both security and high technology. This has led to a need of the companies to follow this tendency and respond accordingly not to lose their competitive edge. The following dissertation arises from a five-month-long internship proposition from Continental Mabor that clearly reflects the intent of the company to improve the quality of the products they place in the market.

A tire is a component that directly interferes with the stability, security and performance of the vehicle. Therefore, all its parts are always designed and built to reduce to the minimum possible flaws. The main focus of this project was the bead wire machine and the first step was to seek full knowledge of the process, involved equipment and the bead wire's roll in the final product.

Afterwards a contextualization of this project's purpose is given and also a justification of why was chosen to interfere in the wire supply of the machine while installing a tension control system. The proposed solutions in the end were thought to minimize the number of product imperfections detected as well as the number of machine malfunctions. Every option requires low maintenance and allows the workers to keep their routines with no need for new training.

### Keywords:

- Bead Wire Production
- Bead Wire
- Bead Wire Machine
- Quality Improvement
- Malfunctions Reduction
- Wire Supply
- Breaking System
- Tension Control



## Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor José Ferreira Duarte pelo apoio e orientação prestada ao longo do desenvolvimento deste trabalho. A disponibilidade mostrada, os conselhos, a partilha de conhecimentos, a constante insistência em me questionar e desafiar e todos os “tenha calma Catarina” que tantas vezes serviram de alento foram um grande suporte e uma fonte de segurança naquela que foi uma etapa nova e desconhecida.

Ao Engenheiro Idálio Gomes, orientador na Continental Mabor, pela presença em cada etapa deste projeto, pelo tempo dedicado, pelas discussões promovidas, pelas opiniões, pela confiança e, acima de tudo, pela motivação diária. Sem me ter sido dada a opção, não poderia ter imaginado melhor acompanhamento em todo este processo.

A todo o Departamento de Engenharia 3 da CMIP, em particular: Eng. Francisco Ferreira, Eng. Alberto Pereira, Eng. Armando Peixoto, José Costa e Silva, António Oliveira e Filipe Castro, pela incrível primeira experiência de trabalho que me proporcionaram, por tudo o que me ensinaram ao longo destes meses, pelo constante interesse neste projeto, por tantas ajudas, ideias e, também, por tantas risadas e momentos divertidos. Um enorme obrigada por tão bem me terem recebido nesta equipa que se destaca pela constante boa-disposição e por me permitirem abandonar este estágio com tão boas recordações.

A todos os operadores e técnicos da CMIP com que me fui cruzando e que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia Mecânica, em particular ao Professor Doutor José Luís Esteves, por todo o auxílio prestado sempre que foi requisitado, quer durante a duração deste projeto, quer ao longo de todo o meu percurso académico.

Porque não me posso nunca esquecer deles: aos meus amigos.

Às minhas “Supremas”, Inês Rei, Sofia Pereira, Joana Pires, Ana Cabral e Sofia Reis, obrigada por estarem sempre aqui, por serem um pilar, por ouvirem cada desabafo e cada piada parva, por terem sempre uma palavra e um abraço nos momentos mais difíceis, por tantos risos que comigo partilharam e tantas lágrimas que afagaram ao longo de todos estes anos de amizade.

Aos que comigo partilharam esta jornada, Pedro Silva, Hugo Moreira, Nuno Coelho, Sérgio Moreira, João Pedro Pinto, Ana Pereira, Maria Dias da Costa, Rui Santos e Paulo Sousa. O que dizer? Obrigada pelo companheirismo, dentro e fora das salas de aula, pelos dias de estudo e as noites mal dormidas, por cada ideia absurda e cada brainstorming em conjunto, por cada jantarada, brinde e cada rasgão na capa. Obrigada por serem esta enorme família da qual tanto orgulho tenho de fazer parte e por terem feito destes os melhores sete anos da minha vida. Sem eles até poderia ter sido possível, mas de certeza não teria o mesmo sabor.

Ao Rogério Gonzalez, Marta Couto e Tiago Roque, por terem partilhado comigo a paixão pelos automóveis e pelas competições. Foi com cada noite de trabalho árduo e cada pneu trocado à chuva que aprendi tudo o que sei.

Ao Tiago Martins, à Ana Silva, ao João Barroco de Melo, ao Martim Margarido, ao João Trindade e ao Miguel Santana por, ao longo de tantos anos, sempre terem estado à distância de um toque para festejar cada vitória e me amparar em cada derrota.

E porque os últimos são sempre os primeiros, aos melhores do mundo: os meus pais, Sofia e Jorge. Aqueles a quem devo tudo, obrigada pelos vinte e quatro anos de apoio incondicional, por toda a paciência, investimento, mas, principalmente, amor. São e foram sempre o meu exemplo, um exemplo de força e resiliência, uma fonte de valores e princípios. Obrigada por serem a minha casa.

Para finalizar, ao meu irmão Tiago, a quem dedico este documento. A ele que, infelizmente, não pode presenciar este momento, agradeço toda a influência que teve na minha vida e todo o leque de memórias que me deixou. A ele, que sempre me acompanhará, um obrigada muito especial, cheio de saudade.

## Índice de Conteúdos

<b>Capítulo 1</b> .....	<b>1</b>
Introdução .....	1
<b>1.1 Enquadramento</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 A Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A.</b> .....	<b>2</b>
1.3.1 Clientes CMIP .....	7
<b>1.4 Estrutura da Dissertação</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>9</b>
Estado da Arte.....	9
<b>2.1 A Indústria Automóvel: Uma Breve Introdução</b> .....	<b>9</b>
2.1.2 A Indústria Automóvel em Portugal .....	11
<b>2.2 O Pneu</b> .....	<b>13</b>
2.2.1 Materiais Usados num Pneu .....	13
2.2.2 Componentes de um Pneu e Respetivas Funções.....	13
<b>2.3 Produção de um Pneu</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4 Produção de Talões</b> .....	<b>19</b>
2.4.1 O Talão .....	20
2.4.2 Tipo de Produção.....	22
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>23</b>
Desenvolvimento do Projeto.....	23
<b>3.1 Análise Prévia: Relatórios de Avarias e Testemunhos</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2 Alimentação de Arame: Porque?</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3 Requisitos do Projeto</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4 Soluções Analisadas</b> .....	<b>27</b>
3.4.1 Controlo Pneumático .....	27
3.4.2 Controlo de Travagem.....	28
3.4.2.1 Sistema de Travagem.....	30
3.4.2.2 Sistema de Medição de Tensão no Arame.....	34
3.4.2.3 Alterações à Estrutura Metálica.....	37
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>43</b>
Conclusões e Trabalhos Futuros .....	43
<b>4.1 Conclusões</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2 Trabalhos Futuros</b> .....	<b>44</b>

<b>Referências</b> .....	<b>45</b>
<b>ANEXO A:</b> .....	<b>47</b>
CAD 2D - Estações de Bobines .....	47
<b>ANEXO B:</b> .....	<b>51</b>
Relatório SAP de Avarias .....	51
<b>ANEXO C:</b> .....	<b>55</b>
Curva Comportamental de um Travão Eletromecânico .....	55
<b>ANEXO D:</b> .....	<b>59</b>
CAD 2D Travão Eletromecânico HB140.....	59
<b>ANEXO E:</b> .....	<b>63</b>
CAD 2D Sensor de Tensão RMGZ200.....	63
<b>ANEXO F:</b> .....	<b>67</b>
CAD 2D Encoder IE58A.....	67
<b>ANEXO G:</b> .....	<b>71</b>
CAD 2D Acoplamento .....	71

## Abreviaturas, Siglas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

ACAP	Associação Automóvel de Portugal
AG	Aktionen Gesellschaft
APAC	Asia and Pacific region
Apex	Máquina Aplicadora de Cunhas
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CMIP	Continental Mabor Indústria de Pneus
CT	Construção de Talões
DE 3	Departamento de Engenharia 3
DEMec	Departamento de Engenharia Mecânica
EMEA	<i>Europe, Middle East and Africa</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GM	<i>General Motors</i>
MIEM	Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
OICA	Organização Internacional de Construtores Automóveis
PLC	<i>Power Line Communication</i>
SAP	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing</i>
VW	<i>Volkswagen</i>

Lista de símbolos

$\omega$	Velocidade Angular
Z	Número de Dentes

## Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição do Grupo Continental no Mundo (Continental, 2017).....	3
Figura 2 - Divisões do grupo Continental .....	4
Figura 3 - Grupo Continental em Portugal (Santos, 2017) .....	4
Figura 4 - Vista aérea CMIP (2016).....	5
Figura 5 - Organigrama da CMIP (Mabor, 2017) .....	6
Figura 6 - Clientes Continental para equipamento de origem (2014).....	7
Figura 7 - Produção Automóvel no Mundo de 2000 a 2016.....	9
Figura 8 – Ranking de Construtores Automóveis .....	10
Figura 9 - Ranking de Fornecedores de Construtores .....	11
Figura 10 - Fábricas Produtoras de Veículos em Portugal (ACAP, 2015) .....	12
Figura 11 - Produção Automóvel em Portugal (ACAP, 2015) .....	12
Figura 12 - Distribuição percentual de materiais num 205/55 R 16 91 W ContiPremiumContact 2 (Continental, 2017).....	13
Figura 13 - Componentes de um pneu (Continental, 2012) .....	14
Figura 14 – Piso (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012).....	14
Figura 15 - <i>Cap Ply</i> (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012) .....	15
Figura 16 – <i>Breaker</i> (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012).....	15
Figura 17 – Tela (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012) .....	15
Figura 18 - <i>Inner Liner</i> (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012).....	16
Figura 19 - Parede Lateral (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012).....	16
Figura 20 – <i>Flipper</i> (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012).....	16
Figura 21 – Cunha (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012) .....	17
Figura 22 - Talão (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012).....	17
Figura 23 – Processo produtivo de um pneu em esquema .....	18
Figura 24 – Máquina de Construção de Talões (CT) (Barum Continental, 2008).....	19
Figura 25 - Código de um Talão (Brito, 2011) .....	21

Figura 26 - Bobines de arame (CT 3) .....	21
Figura 27 - Relação quantidade/diversidade de produtos num processo produtivo (Brito, 2011).....	22
Figura 28 - Trajeto feito pelo arame em torno das duas polias.....	24
Figura 29 - Representação da polia de acionamento do sensor .....	25
Figura 30 - Representação de uma das molas e das pastilhas.....	25
Figura 31 - Tambor e veio de encaixe na bobine.....	26
Figura 32 - Local ponderado para a implementação do cilindro pneumático .....	27
Figura 33 - Representação do funcionamento do cilindro pneumático .....	28
Figura 34 – Características da Bobine de Arame (Bekaert, 2017) .....	29
Figura 35 - Curva Comportamental do Arame (Bekaert, 2017).....	29
Figura 36 - Travão Eletromecânico (Magtrol, 2017).....	30
Figura 37 - Esquema de implementação da unidade de controlo VM Series da Magtrol.....	31
Figura 38 - Binário de Saída do Redutor g500-B110 da Lenze (Lenze, 2018) .....	32
Figura 39 - Curva de Binário/Velocidade do Motor MD 063-42 da Lenze (Lenze, 2018) .....	33
Figura 40 - Corrente de saída do Inverter i500 da Lenze (Lenze, 2018).....	33
Figura 41 - Esquema de implementação do Inverter i500 da Lenze .....	34
Figura 42 - Unidade RMGZ 200 da FMS Technology e local da sua instalação .....	35
Figura 43 - Funcionamento de um transdutor ótico (T & R Technology, 2018).....	36
Figura 44 - Unidade IE58A da T&R Eletronic (T & R Technology, 2018).....	36
Figura 45 - Partes estruturais removidas (a vermelho).....	37
Figura 46 - Deslocamento da parede lateral direita .....	38
Figura 47 – a) Estrutura inicial; b) Estrutura com todas as alterações .....	38
Figura 48 - Acoplamento projetado .....	39
Figura 49 - Suporte para Travão Eletromecânico .....	39
Figura 50 - Dimensionamento da correia de transmissão com a aplicação da SKF.....	41
Figura 51 - Representação da Montagem Final (vista de cima) .....	41

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Aumento da Produção Automóvel no Mundo de 2015 para 2016 (unidades) (OICA,2017).....	10
Tabela 2 - Principais subsectores da indústria de componentes em Portugal.....	12
Tabela 3 – Dados recolhidos e cálculos efetuados.....	29
Tabela 4 - Características da Unidade HB 140 da <i>Magtrol</i> .....	31
Tabela 5 - Características do Redutor g500-B110 da Lenze.....	32
Tabela 6 - Características do Motor MD 063-42 da Lenze.....	32
Tabela 7 - Características da Unidade RMGZ 200 da FMS Technology.....	35
Tabela 8 - Características da unidade IE58A da <i>T&amp;R Eletronic</i> .....	36
Tabela 9 - Dimensionamento das Polias de Transmissão.....	40
Tabela 10 - Correia de Transmissão seleccionada.....	41





# Capítulo 1

## Introdução

Neste capítulo inicial proceder-se-á à apresentação do enquadramento do projeto realizado, tendo como foco o papel preponderante da indústria de pneus na engenharia automóvel. Será descrito o objetivo principal do trabalho bem como os métodos de investigação e intervenção utilizados ao longo de todo o estágio. Por fim, será apresentada a estrutura do presente relatório.

### *1.1 Enquadramento*

A preponderância da indústria automóvel na economia global e o constante aumento da competitividade entre empresas gera uma necessidade crescente de melhoria de desempenho e aumento de produtividade com o menor prejuízo e desperdício possível. Os mercados reagem à evolução tecnológica com um disparo de procura e de exigência por parte dos clientes o que resulta numa busca incessante por novas metodologias que visem uma resposta rápida e eficaz a estas oscilações.

Uma das maneiras de melhorar a eficácia de um processo produtivo passa por identificar possíveis fatores responsáveis por perdas de tempo por avaria e responsáveis por algumas diminuições da qualidade do produto final. A eliminação de fatores desta natureza pode, por vezes, traduzir-se em mais investimento em automação e robótica, e neste sentido verifica-se uma situação muito favorável a empresas multinacionais com maior capacidade financeira.

Quer a automação, quer a robótica, têm sofrido grandes desenvolvimentos nos últimos anos o que abre um enorme leque de possibilidades e de aplicações úteis para qualquer indústria. Esta realidade resulta num efeito cíclico: a evolução a nível de recursos da indústria conduz a uma conseqüente evolução da indústria em si. Com base nesta assunção, percebe-se rapidamente que a produção de pneus e o pneu em si sofreram, também, um progresso significativo para acompanhar as necessidades dos consumidores: mais conforto, menos ruído e, tratando-se de indústria automóvel, o mais importante, maior segurança.

A Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A. (CMIP), empresa onde se realizou este trabalho, pertence ao grupo Continental e dedica-se à produção de pneus. Sendo uma empresa líder no mercado da mobilidade com um volume de vendas considerável que

Ihe garante, atualmente, o terceiro lugar do ranking, tem uma política de funcionamento assente na busca incessante por soluções inovadoras e melhoria constante dos seus processos produtivos com vista a aumentar a sua competitividade face à concorrência. Neste sentido, este projeto, proposto pelos próprios, vai de encontro às necessidades da CMIP e o estudo e intervenção recai sobre as máquinas responsáveis pelo fabrico de um muito importante componente do pneu – o talão.

As referidas máquinas designam-se por CT's – Construtora de talões, cuja manutenção se encontra sobre a alçada do DE 3 – Departamento de Engenharia 3.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho passou, como o próprio título indica, pela otimização das máquinas de construção de talões com vista a uma redução do tempo perdido por avaria, bem como, a uma melhoria da qualidade do talão fabricado.

Sendo a Continental Mabor uma empresa que prima pela excelência e tendo, ao longo de tantos anos de funcionamento, conquistado a confiança dos seus clientes, é relevante manter esta política de melhoria contínua baseada no máximo de exigência a nível interno possível. Para isso, torna-se fundamental analisar frequentemente os processos já existentes na fábrica e ter a capacidade de identificar fatores e/ou componentes que possam, eventualmente, originar falhas que coloquem em risco os padrões de qualidade já estabelecidos.

Partindo deste princípio, este trabalho consistiu, primeiro que tudo, num planeamento detalhado de estratégias de intervenção, começando por uma análise pormenorizada da situação atual com recurso a uma ampla recolha de dados e testemunhos. Posteriormente, e sendo a *liberdade para agir* uma das diretivas chave na CMIP, passou-se à identificação, o mais assertiva possível, daqueles que seriam os pontos críticos da máquina e do processo para proceder ao estudo de possíveis soluções. A aplicabilidade de cada solução foi pensada, discutida e explorada para que se pudesse fazer uma triagem bem-sucedida. Existiram vários filtros tais como os recursos disponíveis e os custos de implementação de cada uma.

### **1.3 A Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A.**

O grupo Continental foi fundado em Hanover, na Alemanha em 1871 e a sua produção consistia em produtos suaves de borracha, pneus para carruagens e bicicletas e telas emborrachadas. Mais tarde, em 1898, surgiram os pneus para automóveis, mas estes eram lisos, ou seja, sem desenho no piso. Claro está que a evolução de uma indústria desta natureza esteve sempre associada à evolução da indústria automóvel e viu-se sempre forçada a acompanhar as novas exigências a nível de segurança e qualidade, principalmente numa empresa tão conceituada.

A Continental foi pioneira na introdução de um piso desenhado nos pneus em 1904, logo de seguida na introdução no mercado de pneus antiderrapantes para neve em 1905 e três anos mais tarde na invenção da jante desmontável. Foi, por fim, em 1960 que deu início à produção em série de pneus para automóveis ligeiros.

Hoje, a Continental AG (*Aktionen Gesellschaft*), encontra-se entre os cinco principais fornecedores mundiais da indústria automóvel e está distribuída por 190 localizações,

contando com mais de 170 000 colaboradores num total de 46 países, como ilustrado na seguinte figura.

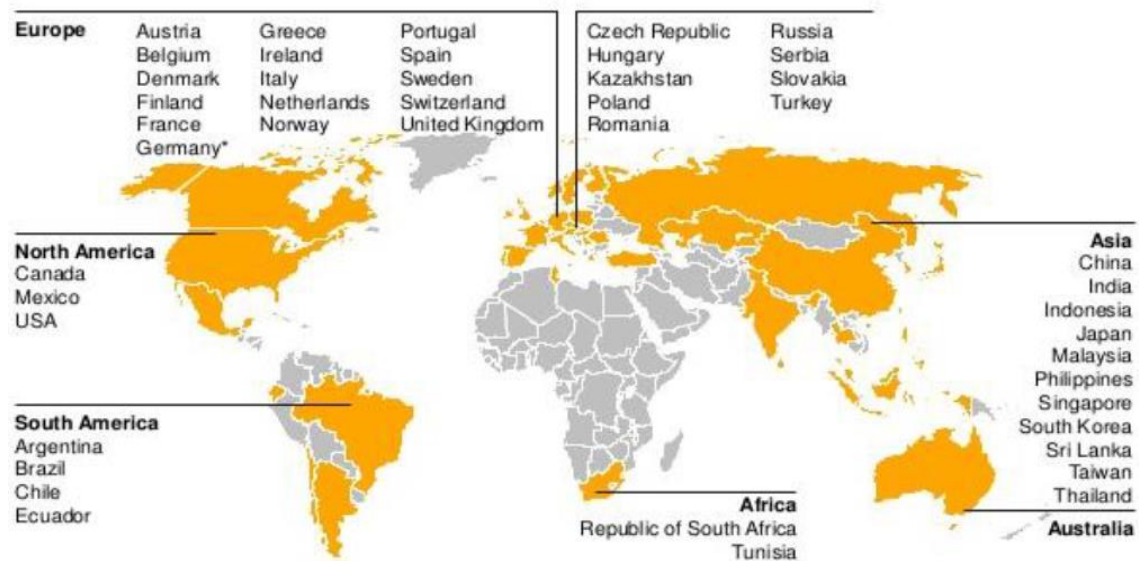


Figura 1 - Distribuição do Grupo Continental no Mundo (Continental, 2017)

O grupo Continental opera em cinco áreas de negócio distintas, sendo estas: *Chassis e Safety*, *Powertrain*, *Interior*, *Pneus* e *Contitech* (Figura 2). A primeira, *Chassis e Safety*, engloba todas as tecnologias relativas à segurança do veículo tais como sistemas de travagem hidráulicos, softwares para controlo de estabilidade, sistemas integrados de proteção de alto desempenho ou avançados assistentes de condução. Já na divisão *Powertrain* desenvolvem-se sistemas inovadores e eficientes para uma condução ecológica e económica sem perdas de conforto e prazer de condução. Neste vasto portfólio encontram-se sistemas de injeção de gasolina ou *diesel*, soluções inovadoras para motores de combustão amigos do ambiente, tratadores de gases de escape e controlos eletrónicos para todos os tipos de transmissões. *Interior* combina todos os avanços alcançados em tratamento de informação, comunicações e rede. Aqui desenvolvem-se produtos como *displays* táteis de alta resolução, soluções para emparelhamento de dispositivos móveis, fiáveis sistemas de fecho com chave e interfaces que facilitam a interação e comunicação entre o condutor e o carro. A divisão de pneus é responsável pela maior percentagem da faturação total do grupo Continental. Esta inclui seis unidades de negócio: equipamentos originais para veículos de passageiros e pesados, equipamentos de substituição (dividida em três: EMEA – Europe, Middle East and Africa, Américas e APAC – Asia and Pacific region), veículos comerciais e veículos de duas rodas. Esta divisão é constituída pelas marcas Continental, Uniroyal, Semperit, Barum, General Tire, Viking, Gislaved, Mabor e Sportiva. Por último, a *Contitech*, é responsável por fabricar e comercializar partes funcionais, componentes inteligentes e sistemas de borracha, metal, plástico e têxteis para agricultura, indústria automóvel, indústria do minério, e outros setores. Entre estes produtos, podem-se encontrar juntas de extensão de borracha, suspensões autoajustáveis, materiais decorativos e customizáveis para superfícies, correias transportadoras de fio metálico e têxtil (neste caso asseguram, também, os serviços de manutenção), materiais para coletes salva-vidas e vestuário de proteção, mangueiras e

## Otimização de uma Máquina de Construção de Talões

tubos (usados na indústria alimentar, química e petroquímica, construção, entre outras), correias de transmissão e sistemas de controlo de vibração e ruído.



Figura 2 - Divisões do grupo Continental

Em Portugal, a Continental AG encontra-se representada em duas diferentes localizações com um total de cinco empresas. Três no norte do país, em Lousado, e duas no centro, em Palmela (Figura 3).



### Continental em Portugal

Continental Mabor	Fabrico de Pneus
Continental Pneus	Empresa Comercial
ITA	Fabrico de Telas
Continental Lemmerz	Montagem de Rodas
Continental Teves	Sistemas de Travagem

Figura 3 - Grupo Continental em Portugal (Santos, 2017)

A Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A. foi fundado no ano de 1989 e derivou da compra da Mabor pela Continental AG, empresa na altura já de dimensão mundial. Em Julho de 1990 iniciou-se uma enorme reestruturação para transformação das instalações antigas naquelas que viriam a ser as mais modernas e otimizadas de todo o grupo Continental à data (Figura 4). Situa-se na freguesia de Lousado, concelho de Vila Nova de Famalicão e dispõe, atualmente, de cerca de 204 140 m<sup>2</sup> de área útil e 86 500 m<sup>2</sup> de área coberta. Conta com cerca de 2000 colaboradores e uma produção de quase 60 000 pneus por dia que inclui uma enorme variedade de modelos e tamanhos. Considerando esta quantidade, sabe-se que mais de 98% da produção é destinada a

exportação e que, o designado mercado de substituição, absorve mais de metade do total de produtos fabricados, enquanto que o mercado de equipamento de origem absorve o restante.

A CMIP é considerada uma das mais lucrativas do grupo e foi detentora do prémio *Quality Award*, um reconhecimento da Continental AG, durante cinco anos consecutivos, de 2012 a 2016. No corrente ano de 2017, inaugurou uma nova unidade dedicada à produção de pneus agrícolas que é um reflexo daquilo que mais define esta empresa: a procura pela inovação e por fazer mais e melhor. A missão da empresa caminha a par desta visão e resume-se em quatro pontos de honra (Continental, 2017):

- Crescer, criar valor e rentabilidade sustentada, trabalhando *uns pelos outros*;
- Ter a *confiança* dos clientes nos seus serviços e produtos de tecnologia avançada;
- Ser reconhecidos pela eficiência, qualidade, flexibilidade, inovação e *paixão por vencer*;
- Promover a excelência de colaboradores qualificados, motivados e com *liberdade para agir*;

Estes quatro valores sustentam o objetivo primário de continuar a ser uma empresa **Líder** do grupo e, para isso, é preciso difundir pelos seus colaboradores fortes diretivas de funcionamento (Continental, 2017):

- Lousado eficiente;
- Inovação e antecipação das necessidades dos clientes;
- Desenvolvimento de produtos de alta tecnologia;
- Excelência no conhecimento e nos processos;
- Rentabilidade sustentada;



Figura 4 - Vista aérea CMIP (2016)

Em qualquer empresa, principalmente considerando a dimensão da CMIP, é indispensável uma estrutura organizacional funcional e capaz de orientar e gerir da melhor forma possível todo o seu capital humano, bem como, todos os processos e recursos tecnológicos. O presente trabalho foi desenvolvido em conjunto com o DE3 que engloba metade das máquinas do departamento de preparação (CT's, Apex e corte).

# Otimização de uma Máquina de Construção de Talões

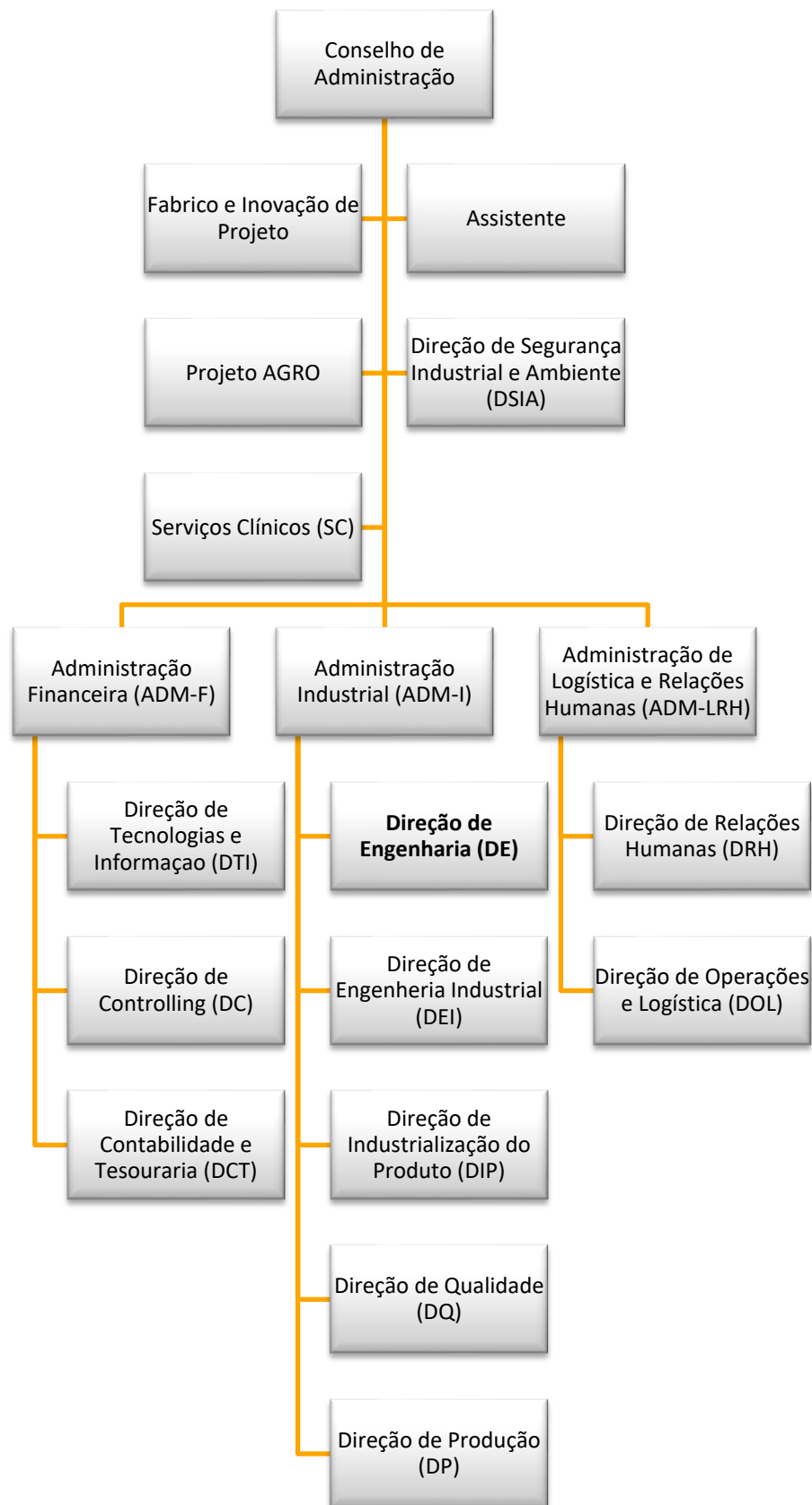


Figura 5 - Organograma da CMIP (Mabor, 2017)

Como qualquer outro departamento da CMIP, o DE tem funções e responsabilidades específicas e bem definidas, entre as quais:

- Planeamento e coordenação de planos de manutenção preventiva;
- Suportar auditorias internas e responder em conformidade com ações;
- Gerir e promover a formação dos seus colaboradores sempre que necessário;
- Introduzir melhorias e *upgrades* quando for conveniente para otimização de processos e máquinas;
- Analisar e resolver falhas ou avarias de equipamentos;
- Assegurar a disponibilidade de recursos regrido a sua utilização;
- Executar todos os projetos de desenvolvimento e instalação de novos equipamentos, bem como, levar a cabo quaisquer alterações programadas para as instalações fabris;

### 1.3.1 Clientes CMIP

Como já referido anteriormente, o mercado dos pneus divide-se em duas categorias: equipamento de origem e equipamento de substituição. Deste modo, também os clientes da CMIP se distribuem nestas duas, sendo que os que integram o mercado de origem são alguns dos maiores fabricantes do mundo. Na figura abaixo podem ver-se algumas das marcas que equipam os seus modelos com pneus da marca Continental.



Figura 6 - Clientes Continental para equipamento de origem (2014)

Cada uma destas marcas representa uma percentagem distinta de vendas por parte da empresa e, neste momento, sabe-se que a maior fatia da faturação da empresa ( $\approx 50\%$ ) resulta das relações comerciais estabelecidas com marcas europeias.

### ***1.4 Estrutura da Dissertação***

Esta dissertação está dividida em 4 capítulos:

1. Este primeiro capítulo é apenas introdutório e tem como objetivo apresentar o enquadramento deste trabalho, os seus objetivos e associar uma breve descrição da empresa onde todo o projeto foi desenvolvido;
2. No segundo capítulo é tratado o estado da arte, começando por uma leve abordagem à indústria automóvel no geral e à indústria automóvel em Portugal em particular, para melhor compreender o contexto em que se insere a produção de pneus. Posteriormente, o foco dirige-se para o fabrico de pneus e todas as etapas que dele fazem parte, seguindo para uma análise mais detalhada do processo em que se baseia este projeto e do talão como componente estrutural do pneu;
3. No capítulo 3 é dada uma explicação pormenorizada e devidamente justificada daquele que ficou definido como foco deste trabalho: obtenção de uma tensão idêntica em todos os arames que são alimentados às CTs. São exploradas as soluções que foram analisadas para o sistema de travagem e para o sistema de controlo de tensão e são demonstrados todos os cálculos, análises e montagens que justificaram a decisão;
4. O quarto capítulo é constituído pelas conclusões e pelas sugestões para trabalhos futuros;

## Capítulo 2

### Estado da Arte

#### 2.1 A Indústria Automóvel: Uma Breve Introdução

O automóvel é o elemento primordial da mobilidade de pessoas e bens. Como tal, é um setor industrial com um papel preponderante na economia mundial no qual convergem variadíssimas outras indústrias. Quer do ponto de vista tecnológico, quer do ponto de vista organizacional, a indústria automóvel foi sempre pioneira estando, hoje em dia, totalmente globalizada. Aqui se refletiram em larga escala os maiores fenómenos de desenvolvimento da indústria como, por exemplo, a produção em massa ou os métodos *lean*. Para podermos entender a indústria automóvel portuguesa é necessário ter este enquadramento global bem consolidado.

As últimas seis décadas viram um aumento produtivo de cerca de 10 milhões de veículos por ano que resultou nos atuais 95 milhões de unidades. É um mercado altamente competitivo o que levou a que vários construtores de pequena dimensão cessassem as suas funções.

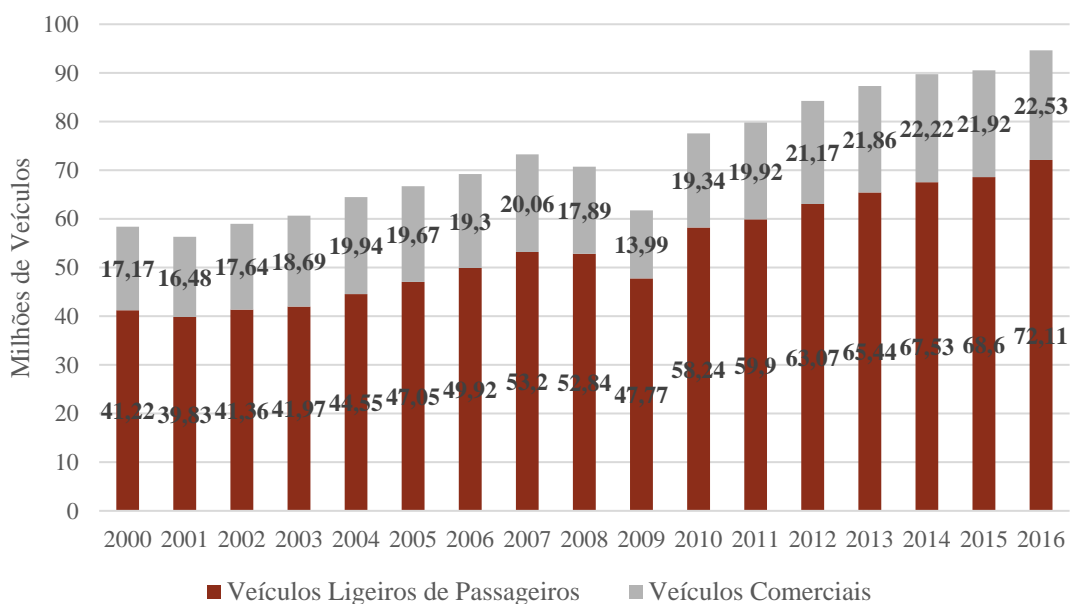


Figura 7 - Produção Automóvel no Mundo de 2000 a 2016

## Otimização de uma Máquina de Construção de Talões

Tabela 1 - Aumento da Produção Automóvel no Mundo de 2015 para 2016 (unidades) (OICA,2017)

	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>%Variação</b>
<b>Ligeiros de Passageiros</b>	68.618.998	72.291.747	+5.4%
<b>Comerciais</b>	22.014.915	22.643.456	+2.8%
<b>Total</b>	90.633.913	94.935.203	+4.53%

Na tabela 1 podem analisar-se os dados mais recentes da OICA (Organização Internacional de Construtores Automóveis), responsável por estudar a produção automóvel em todo o mundo, que indicam ter havido um aumento produtivo de cerca de 4,53% de 2015 para 2016.

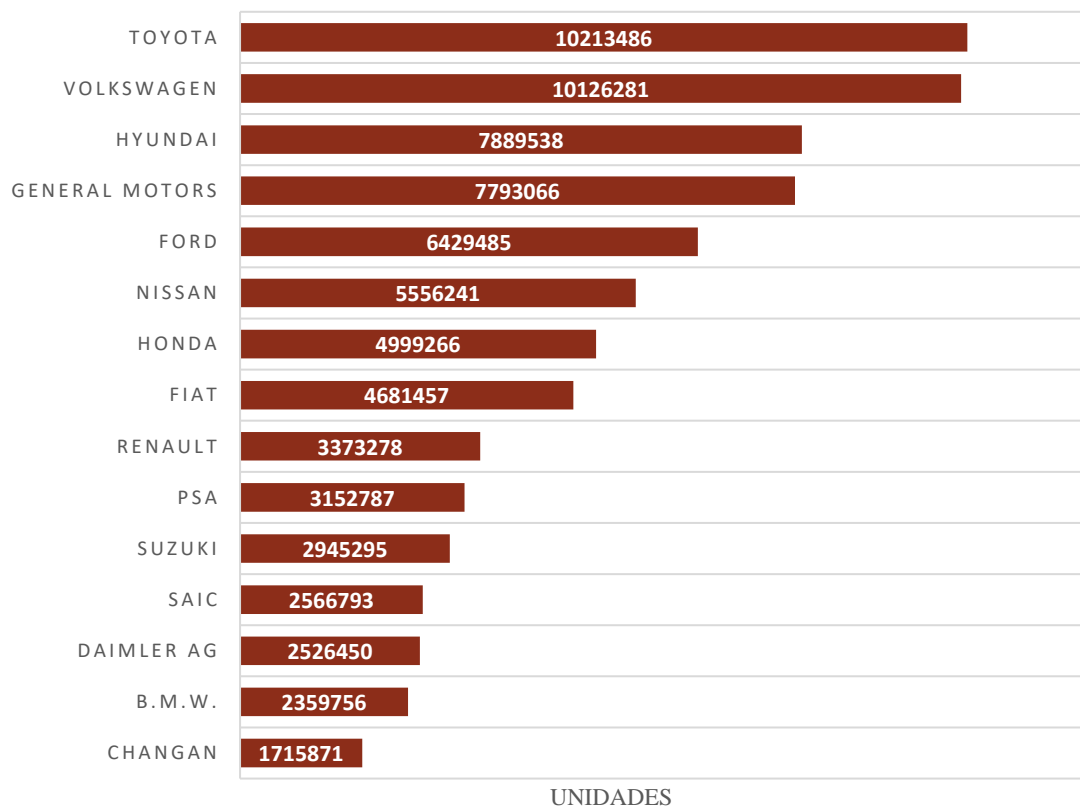


Figura 8 – Ranking de Construtores Automóveis

Atualmente, a Toyota lidera o mercado de construtores com mais de 10 milhões de unidades produzidas, imediatamente seguida da Volkswagen e posteriormente pela Hyundai, General Motors e a Ford, todas com um volume de produção superior a 6 milhões de veículos. A par desta, existe uma indústria de mega fornecedores que resulta da necessidade de “dividir” a responsabilidade com os construtores. Esta é liderada pela Bosch, o maior fornecedor de construtores com um volume de negócio superior a 43 milhões de euros, seguida da Continental, Denso, Magna e a ZF Friedrichshafen em quinto lugar da lista.

## Otimização de uma Máquina de Construção de Talões

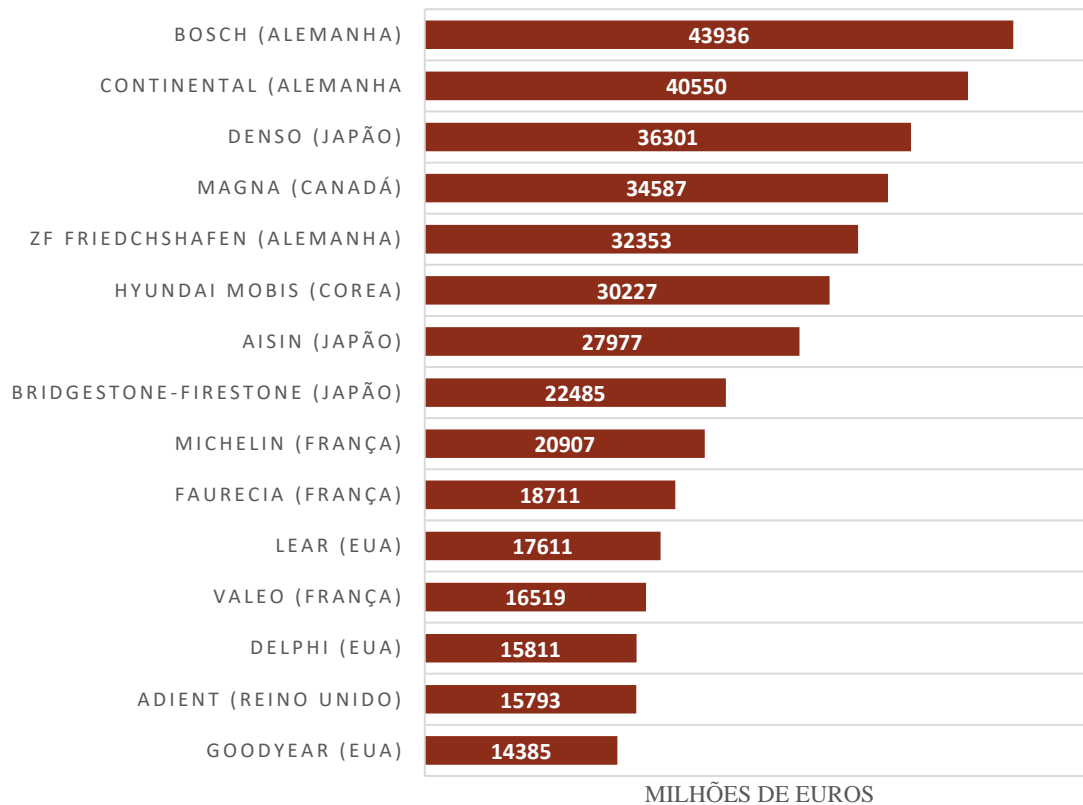


Figura 9 - Ranking de Fornecedores de Construtores

### 2.1.2 A Indústria Automóvel em Portugal

A história da indústria automóvel em Portugal remonta a algumas décadas, durante as quais se pode observar uma evolução dispersa, pouco qualificada e tecnologicamente pouco desenvolvida para um setor industrial que tende a acompanhar um panorama global muito dinâmico e competitivo (INTELLI, 2005).

Apesar de crescente, o desenvolvimento desta indústria em Portugal é e foi sempre altamente dependente de investimento estrangeiro, principalmente no que respeita à instalação de novas unidades de montagem e fabricação. Em retrospectiva, até ao final dos anos 70 a indústria automóvel era praticamente inexistente em território português, com destaque para a denominada “Lei da Montagem”. Lei esta que impunha que a procura doméstica fosse satisfeita com veículos montados localmente. Foi então que se deu a abertura do mercado ao Projeto Renault. Por esta altura, permitiu-se o início de investimento externo e apostou-se mais na exportação. Deu-se então o primeiro contacto com a indústria automóvel global e dirigiu-se o foco para a necessária qualificação da mão de obra. No início dos anos 90 abriu-se a porta à VW AutoEuropa e instituiu-se uma política de incentivo ao investimento. Um crescimento que se conhecia tímido, deu então lugar a uma expansão de amplitude e rapidez elevadas. Hoje, isto reflete-se na presença no nosso país de empresas competitivas a nível internacional, que crescem diariamente e que reúnem esforços no sentido do desenvolvimento de processos tecnológicos.



Figura 10 - Fábricas Produtoras de Veículos em Portugal (ACAP, 2015)

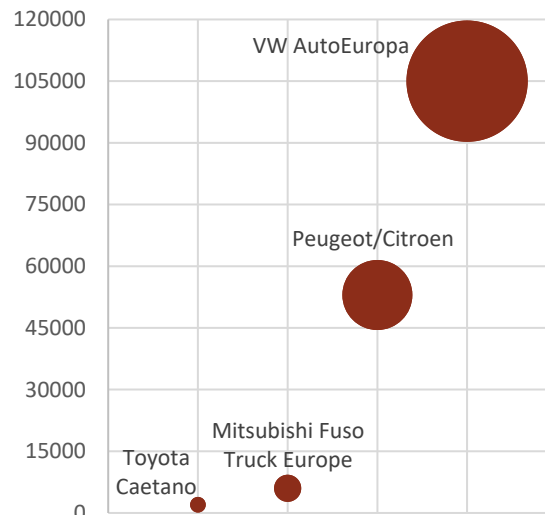


Figura 11 - Produção Automóvel em Portugal (ACAP, 2015)

Atualmente, fabricam-se mais automóveis em Portugal do que em muitos países europeus tradicionalmente produtores, como é o caso da Holanda, Suécia ou Áustria, e estes representam cerca de 11% das exportações nacionais. Assim, constata-se que a indústria automóvel representa um papel primordial na economia Portuguesa e trouxe consigo a inovação no domínio de vários processos e produtos. Neste momento existem quatro fábricas a operar em Portugal (cujas localizações podem ser vistas na figura 10). Desde o encerramento da fabrica da Ford em 2000 e da GM em 2006 que a produção ficou cerca de 70% dependente da VW AutoEuropa.

O volume de negócios da indústria automóvel portuguesa ronda os 6.5 mil milhões de euros, sendo este responsável por mais de 32 000 postos de trabalho diretos.

No que diz respeito à indústria de componentes automóveis, este setor é representado nacionalmente por cerca de 180 empresas (das quais, a CMIP) responsáveis, entre si, por empregar mais de 40 000 pessoas. Estas cobrem desde a produção de motores ou peças para motores até moldes ou ferramentas. Nesta faixa são predominantes as pequenas e médias empresas (<500 trabalhadores). Todas estas podem ser sub-divididas em setores considerando as suas áreas tecnológicas, estando as principais listadas e exemplificadas na tabela 2.

Tabela 2 - Principais subsectores da indústria de componentes em Portugal

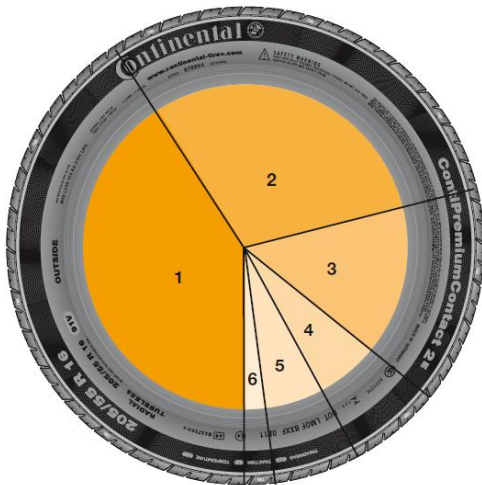
<b>Subsetores</b>	
<b>Componentes Elétricos e Eletrónicos</b>	<b>Metalurgia</b>
Bosch	Sonafi
<b>Componentes Plásticos</b>	<b>Moldes e Ferramentas</b>
Continental Mabor	Frezite
<b>Metalomecânica</b>	<b>Têxteis</b>
Borg-Warner, Rari	Continental ITA, Faurecia, Coindu

## 2.2 O Pneu

Esta é uma invenção que data de 1888 e pertence à Dunlop. Primeiro foi destinada apenas a bicicletas e só mais tarde para automóveis. Dez anos mais tarde a Continental começou a produzir os designados *pneumatics*, concebidos já como vista a otimizar a condução de um veículo. A adição de carbono, que definiu o preto como cor convencional de um pneu, surgiu em 1904 e foi responsável por um aumento da sua resistência e durabilidade. O pneu que hoje conhecemos, designado por “baixa pressão” ou “balão”, apenas surgiu em meados dos anos 20 e foi aprimorado em 1940.

### 2.2.1 Materiais Usados num Pneu

O pneu dito moderno é constituído por vários materiais diferentes em quantidades distintas. Estas características dependem do tamanho e do tipo de pneu (verão ou inverno). Desde 2010 que o fabrico de pneus é rigorosamente legislado na União Europeia devido à utilização de componentes prejudiciais à saúde, o que muitas vezes obriga ao desenvolvimento de alternativas. Para exemplificar uma análise de componentes vai-se recorrer a um modelo Continental de verão: 205/55 R 16 91W ContiPremiumContact 2 (figura 12).



1. Borracha (natural e sintética) **41%**
2. Enchimentos (carbono, sílica, etc.) **30%**
3. Reforços (aço, poliéster, nylon, etc.) **15%**
4. Plastificantes (óleos e resinas) **6%**
5. Químicos para vulcanização (enxofre, óxido de zinco, etc.) **6%**
6. Agentes antienvelhecimento e outros químicos **2%**

Figura 12 - Distribuição percentual de materiais num  
205/55 R 16 91 W ContiPremiumContact 2  
(Continental, 2017)

### 2.2.2 Componentes de um Pneu e Respetivas Funções

Um pneu moderno é um produto de alta tecnologia que apresenta uma estrutura bastante complexa, composta por vários componentes que utilizam diversas matérias-primas. É um componente fundamental para a segurança de qualquer veículo e, como tal, o seu fabrico obedece a inúmeras regras e diretivas.

A composição da borracha varia num mesmo pneu e cada material apresenta propriedades muito diferentes. Cada componente é confeccionado com elevada precisão para se conseguir obter a flexibilidade, a resistência e a aderência desejadas.



Figura 13 - Componentes de um pneu (Continental, 2012)

Conforme ilustrado pela figura 13, um pneu é constituído por várias partes, cada uma com a sua configuração e função bem definidas. Em baixo, encontram-se listados os elementos numerados na imagem sendo que, de 1 a 3 são os componentes do conjunto piso/cinta e de 4 a 9 são os componentes que compõe a chamada carcaça:

## 1. Piso

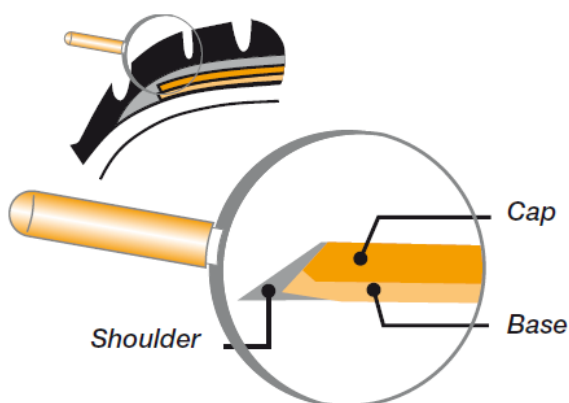
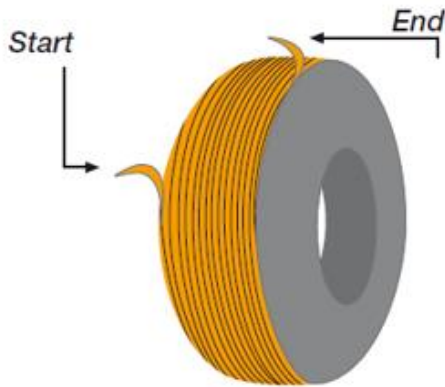


Figura 14 – Piso (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

- Permite uma quilometragem elevada, boa aderência e um correto escoamento de água;
- Material: Borracha (natural e sintética)
- Cap: fornece aderência, resistência ao desgaste e estabilidade direcional;
- Base: reduz a resistência ao rolamento;
- Shoulder: faz a transição do piso para a parede lateral e permite a resistência do pneu em curvas;

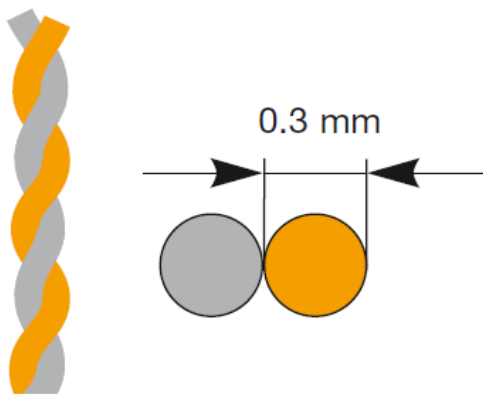
## 2. Cap Ply



- Responsável por fortalecer e apertar o pneu, garantindo a adequação a velocidades elevadas;
- Material: Nylon revestido com borracha

Figura 15 - *Cap Ply* (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

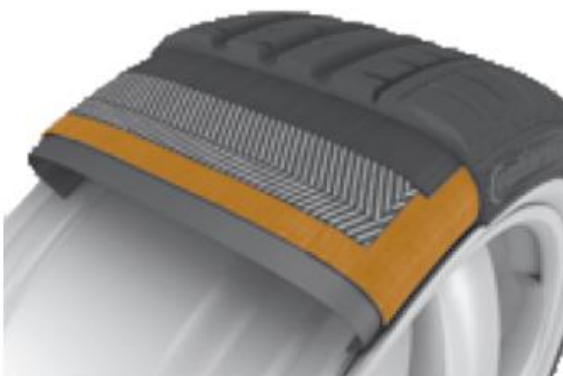
## 3. Breaker



- Material: arame de aço de alta resistência impregnado com borracha;
- Melhora a segurança e a estabilidade direcional;
- Reduz a resistência ao rolamento;
- Aumenta o desempenho do pneu para elevadas quilometragens suportando os impactos e cargas a que este está sujeito;

Figura 16 - *Breaker* (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

## 4. Tela



- Fornece consistência ao pneu;
- Controla a pressão interna e garante a forma do pneu;
- Material: têxtil (nylon, rayon ou poliéster) impregnado com borracha;

Figura 17 - *Tela* (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

### 5. Inner Liner

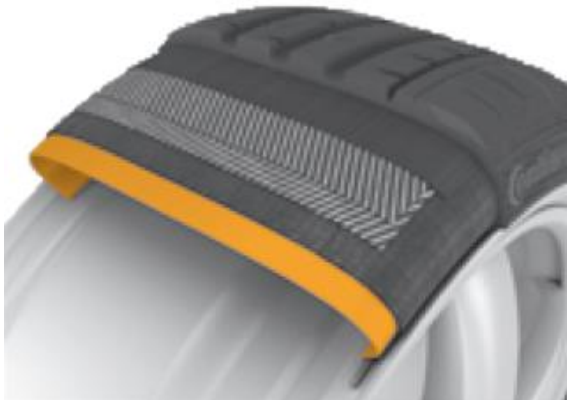


Figura 18 - *Inner Liner* (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

- Responsável por tornar o pneu hermético;
- Substitui a câmara de ar dos pneus antigos;
- Material: Borracha de butilo extrudada;

### 6. Parede Lateral

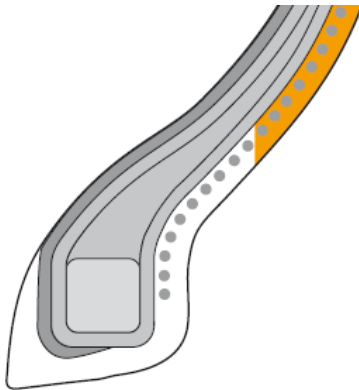


Figura 19 - Parede Lateral (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

- Protege contra danos externos como choques laterais e condições atmosféricas menos favoráveis;
- Material: Borracha natural;

### 7. Flipper

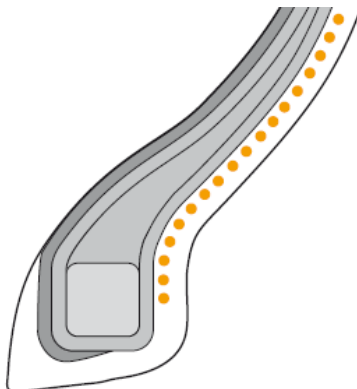
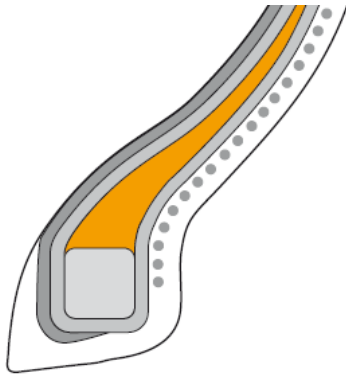


Figura 20 – *Flipper* (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

- Promove a estabilidade direcional e uma rápida e precisa resposta à mudança de direção;
- Material: Nylon e aramida impregnadas com borracha;

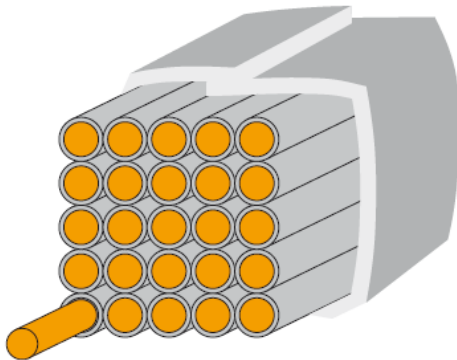
## 8. Cunha



- Material: Borracha sintética;
- Melhora a estabilidade e a precisão direcional;
- Aumenta o conforto durante a condução;

Figura 21 – Cunha (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

## 9. Talão



- Material: Arame de aço impregnado com borracha;
- Garante um encosto firme na borda do pneu, permitindo um bom contacto com a jante e evitando perdas de ar;

Figura 22 - Talão (Continental Reifen Deutschland GmbH, 2012)

### ***2.3 Produção de um Pneu***

Como qualquer outro processo de fabrico, a produção de pneus caracteriza-se pela receção de matérias-primas necessárias, seguida de toda sequência de processos tecnológicos até à obtenção do produto final, terminando no controlo de qualidade, armazenamento e expedição. É complexo e dividido em várias etapas para que possa estar otimizado ao máximo. Na figura 23 é possível observar um esquema resumido e representativo de como todo este processo está organizado e se desenrola nas instalações da CMIP.

O trabalho a que o presente documento diz respeito, focou-se no desenrolamento de arame feito na produção de talões. Para melhor situar esta etapa, o respetivo ponto foi destacado e sublinhado no esquema abaixo.

## Otimização de uma Máquina de Construção de Talões

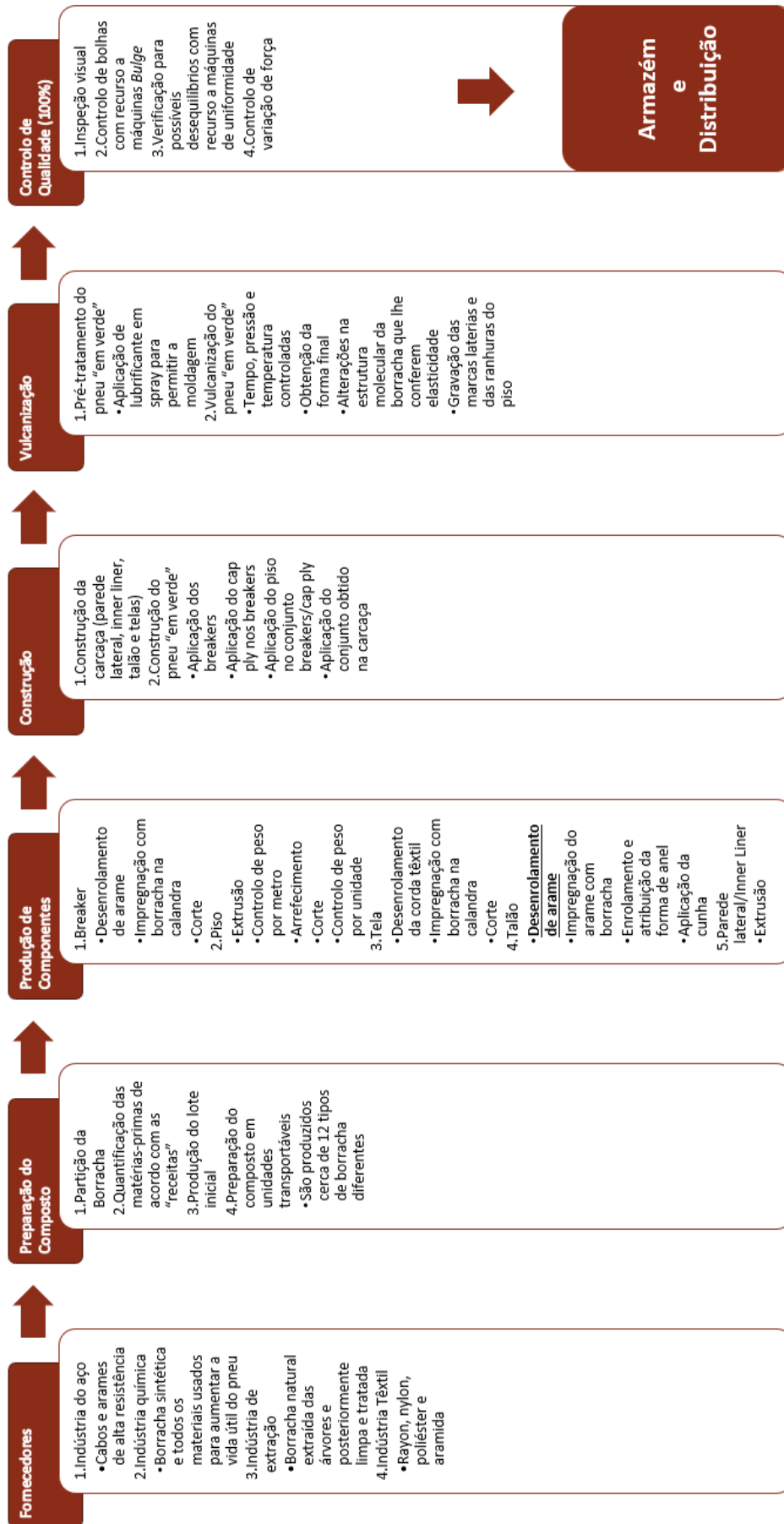


Figura 23 – Processo produtivo de um pneu em esquema

## 2.4 Produção de Talões

O talão é um componente fundamental do pneu uma vez que permite que este assente corretamente na borda da jante aumentando, assim, a sua durabilidade. Juntamente com a tela e os restantes reforços, o conjunto atribui rigidez, estabilidade e segurança a toda a estrutura. A construção dos talões é projetada considerando as condições de serviço pretendidas e mantendo sempre uma margem de segurança adicional. Por isso, os talões são compostos por arames de aço de alta resistência e a sua geometria conta com a futura incorporação na carcaça.

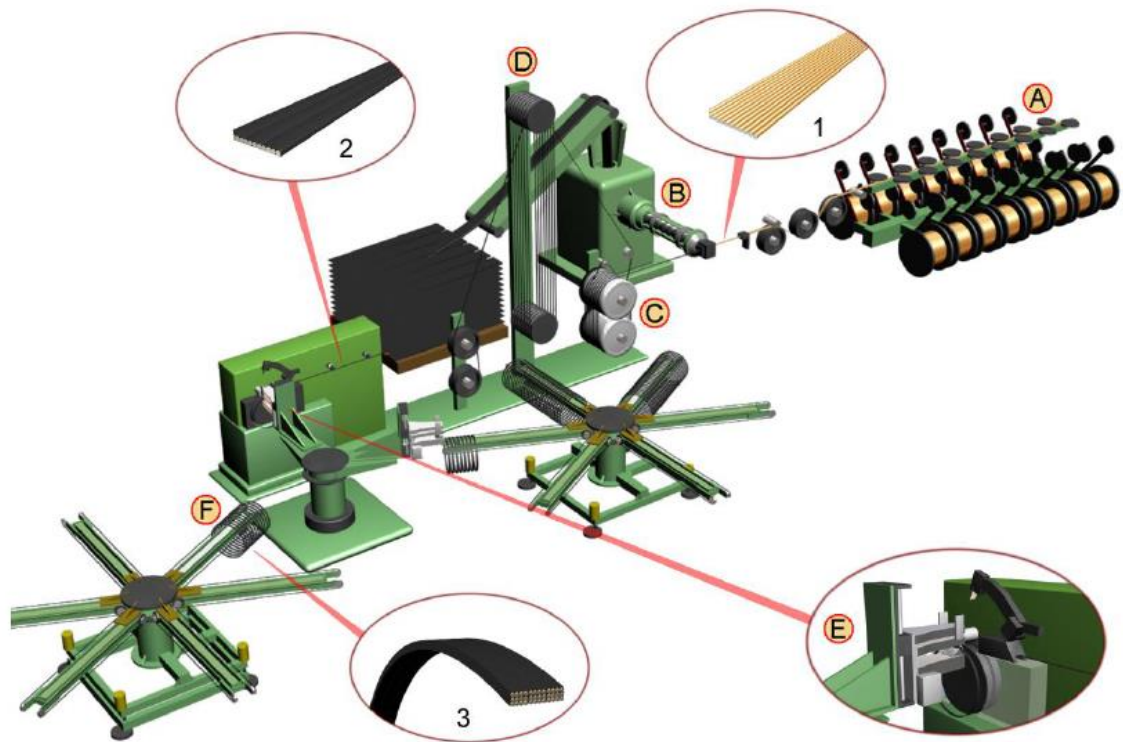


Figura 24 – Máquina de Construção de Talões (CT) (Barum Continental, 2008)

A – Estações de Bobines

D – Acumulador

B – Cabeça Extrusora

E – Tambor de Enrolamento (Jante)

C – Tambor de Arrefecimento

F – Magazine

Na CMIP existem três máquinas de construção de talões (CT), de conceção ligeiramente diferente, semelhantes à mostrada na figura 24, e o processo utiliza arame com 0.965 mm de diâmetro, fornecido em bobines de cerca de 500 Kg cada. Existindo dois fornecedores de arame distintos, a *Bekaert* e a *Trafilerie* (uma segurança em caso de uma das marcas falhar o fornecimento), as diferenças são mínimas. Assim, todos os cálculos ao longo deste documento foram feitos usando os dados do produto fornecido pela *Bekaert*. As CTs 1 e 2 são alimentadas por 20 bobines simultaneamente e a CT 3 é alimentada por 26, cada uma colocada na sua respetiva estação. O desenho CAD destas estações apresenta-se no Anexo A. De um modo geral, este processo pode ser dividido em duas etapas facilmente distinguíveis: a extrusão e o corte. Durante a alimentação, os arames são dirigidos através do cabeçote de uma extrusora onde são impregnados com borracha dando origem à designada tira de talão (neste momento os talões ainda não se encontram separados entre si). De seguida, esta tira passa por um tambor de arrefecimento e por um acumulador que permite uma compensação de material de

acordo com a jante em fabrico (diâmetro do talão) e com a velocidade de enrolamento. Assim, garante-se o abastecimento do processo de corte com a cadência necessária. Todo este processo até ao corte é totalmente automático. Dependendo do tamanho da jante e do tipo de talão que se pretende obter, o diâmetro do tambor de enrolamento é alterado em conformidade, bem como todo o *tooling* da máquina (conjunto de ferramentas que determina o tipo de talão em produção). No processo de corte, a tira de talão é cortada com o comprimento necessário para o talão que se estiver a produzir no momento. Para isso a tira de talão é posicionada na jante, esta roda e enrola o talão (o número de voltas depende também do tipo de talão). Quando o talão assume a forma desejada, a jante pára a sua rotação e o martelo de corte faz a separação entre o talão e a tira de talão ainda por conformar. O número de talões produzidos simultaneamente varia também dependendo da máquina, bem como, o método de separação dos mesmos. Após o corte os talões são armazenados no magazine rotativo e retirados posteriormente para seguirem para a aplicação da cunha nas APEX.

Apesar destas três máquinas, CT1, CT2 e CT3, fabricarem o mesmo produto, elas apresentam algumas diferenças entre si, uma vez que, são de gerações diferentes e nem todas já sofreram alterações. No caso da CT 1, por exemplo, esta já sofreu um melhoramento e já se encontra mais atualizada e mais automatizada:

- A nível de segurança, já funciona com barreiras óticas que não permitem o funcionamento da máquina caso alguém se encontre no perímetro de trabalho;
- Imediatamente antes do enrolamento, já inclui uma lâmina de separação de talões que permite que estes já sejam produzidos e saiam completamente separados uns dos outros diretamente para o magazine;
- A recolha de talões do magazine já acontece sem intervenção humana, com recurso a uma garra que os coloca diretamente no carro de transporte;

No caso da CT 3, esta máquina está de origem, no entanto, é também a unidade de produção mais recente das três. Já possui algumas características otimizadas, como as barreiras de segurança ou a recolha de talões com garra automática, mas a nível de separação de talões, isto ainda é feito após o enrolamento. Neste caso, existe um robot rotativo entre o tambor de enrolamento e o magazine cuja função consiste em apanhar o “conjunto” de talões que sai do tambor, separá-los, durante a sua rotação, com recurso a garras separadoras, e colocá-los no magazine. A CT 2 está atualmente a sofrer um *upgrade* idêntico ao da CT 1.

### **2.4.1 O Talão**

Após a produção, é necessário verificar se os talões cumprem todas as especificações impostas pelo departamento de qualidade. Esta verificação é feita por meio de testes de controlo de qualidade. Os operadores têm de medir o diâmetro interno do talão, pesar e a ainda verificar a espessura e a dimensão da emenda. Se todos os parâmetros forem cumpridos, são então armazenados no parque até que sejam requisitados para a próxima etapa do processo. Caso contrário, são classificados como SCRAP (produto com imperfeição), pesados, e a informação é introduzida no sistema acompanhada de uma breve descrição do problema e da sua origem/causa.

As características que definem um talão são o número de voltas da tira de talões durante o enrolamento, o número de arames, o perímetro do talão e o tamanho da jante para o qual o talão foi produzido, ou seja, o tamanho do pneu do qual aquele talão irá fazer parte. Os talões atualmente produzidos na CMIP vão de jante 14 até 22, podem ter de 4

a 6 voltas, 4 a 7 arames e, ainda, apresentar 13 perímetros diferentes. Na imagem abaixo, é possível analisar o código de um talão e entender o seu significado de acordo com as suas características.



Figura 25 - Código de um Talão (Brito, 2011)

No caso ilustrado, referimo-nos a um talão de jante 15, com 4 voltas e 5 arames, e com um diâmetro de 1205 mm. Uma máquina com capacidade para 20 bobines, como as CTs 1 e 2, conseguem produzir em simultâneo 4 talões de 5 arames cada. Se em produção estiverem talões de 6 arames, estas máquinas apenas conseguem produzir 3 talões de cada vez (ficando com duas bobines de arame paradas). Numa outra situação, para talões de 4 arames, estas máquinas conseguem ter uma produção simultânea de 5 talões e necessitam de todas as 20 bobines disponíveis. No caso da CT 3, como já foi referido anteriormente, esta tem capacidade para 26 bobines de arame, o que quer dizer que, se estiver a fabricar talões com 4, 5 ou 6 arames, o número de talões produzidos simultaneamente são, respetivamente, 6, 5 e 4. Na Figura 26 é possível ver-se as estações de alimentação de arame de uma CT.



Figura 26 - Bobines de arame (CT 3)

### 2.4.2 Tipo de Produção

A CMIP apresenta produção para stock e produção para encomenda. O primeiro caso caracteriza-se por uma produção planeada tendo por base previsões anuais de procura. A segunda hipótese diz respeito a necessidades de clientes que não estavam programadas e não foram previstas e que, por isso mesmo, são convertidas em encomendas e lançadas na produção.

A produção da CMIP é feita em lotes, isto porque diz respeito a uma grande diversidade de produtos em quantidades médias. Esta associação é facilmente explicável pelo gráfico apresentado na Figura 27.

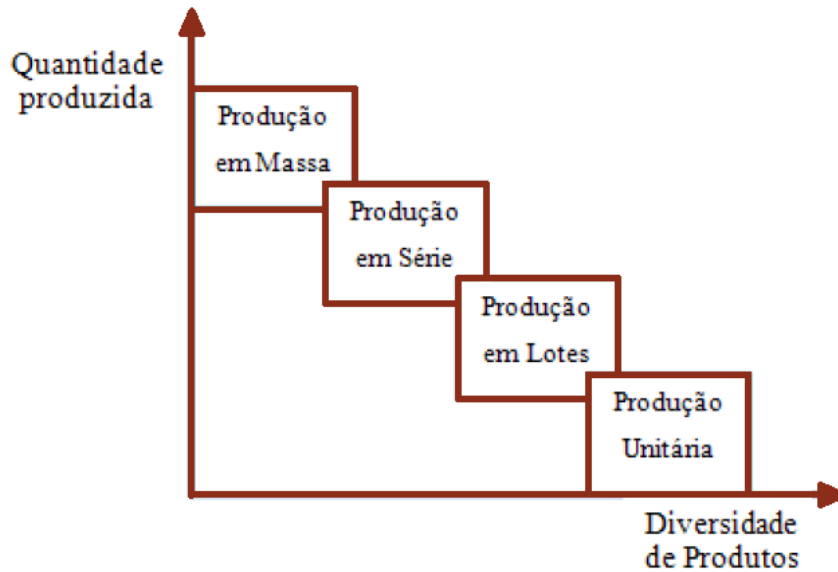


Figura 27 - Relação quantidade/diversidade de produtos num processo produtivo (Brito, 2011)

## Capítulo 3

### Desenvolvimento do Projeto

Na etapa de desenvolvimento de um projeto estabelecem-se os objetivos, as funções e as especificações do equipamento que se pretende. Com base nestes princípios, inicia-se então o estudo de possíveis soluções.

Desde o início, como o próprio título desta dissertação indica, o objetivo deste projeto foi otimizar as máquinas de construção de talões presentes nas instalações fabris da CMIP, com vista à redução de tempos perdidos por avaria e ao melhoramento da qualidade do produto final. Contudo, não havia um foco específico ou definido à partida. Assim, todo o trabalho aqui desenvolvido teve por base uma análise prévia do processo, do funcionamento das máquinas, do papel do operador e dos relatórios diários de avarias (amostra relativa ao ano de 2017). Apenas e só a partir deste ponto é que se definiu aquela que seria a área de intervenção deste projeto. No presente capítulo apresenta-se uma descrição pormenorizada de todas as etapas percorridas até à análise de possíveis soluções.

#### *3.1 Análise Prévia: Relatórios de Avarias e Testemunhos*

Os relatórios de avarias são da responsabilidade do técnico de manutenção presente no momento em que a anomalia de funcionamento ocorreu. Assim, é suposto que este proceda a abertura de um processo no software SAP e que, no cessar da resolução, feche esse mesmo processo após a introdução de uma breve descrição do ocorrido e da causa associada. Como muitas outras coisas, este método está longe da perfeição, e, muitas vezes, a subjetividade associada à interpretação humana, conduz a uma dificuldade acrescida na leitura destes dados por terceiros. Contudo, dentro das limitações, esta é uma ferramenta fundamental que permite estabelecer padrões que ajudam na resolução e prevenção de determinadas avarias.

Tendo sido disponibilizado acesso ao software SAP, foi possível um estudo prévio dos relatórios associados às CTs desde Janeiro de 2017, o que permitiu a retenção de uma ideia geral das avarias mais recorrentes e das responsáveis por mais tempo perdido. Um exemplo destes relatórios está disponível no Anexo B.

A somar à informação fornecida por esta base de dados, mostrou-se relevante a recolha de opiniões junto daqueles que todos os dias operam as máquinas em questão. São

testemunhos que permitiram uma compreensão muito mais profunda dos pontos críticos do processo e das dificuldades mais frequentemente encontradas.

Foi com base nestas duas fontes e na observação das tarefas realizadas durante o tempo de trabalho, que o autor determinou que seria benéfico uma intervenção com vista a melhorar o sistema de alimentação de arame à máquina.

### ***3.2 Alimentação de Arame: Porque?***

A alimentação de matérias-primas representa uma etapa fundamental do processo de construção de talões, seja a qualidade do composto de borracha ou o desenrolamento dos arames de aço. Para garantir precisão no enrolamento, uma das características indispensáveis dos arames é que estes estejam tensionados da mesma maneira. Caso este requisito não seja cumprido, verificam-se várias imperfeições no produto final. É fácil observar arames desviados a romper o revestimento de borracha, sobreposição de arames, ou mesmo movimentações laterais no enrolamento que origina talões de secção não retangular.

Este controlo de tensão é feito por um sistema totalmente mecânico à base de molas e de um tambor que regula a travagem do movimento de rotação das bobines. Para facilitar a compreensão do sistema existente, o seu funcionamento é descrito de seguida:

1. O que promove o desenrolamento das bobines é a força que a própria máquina exerce para puxar o arame;
2. O arame ao ser puxado passa por um conjunto de polias, num trajeto repetido, que não só promove o seu endireitamento (não esquecendo que na bobine ele adota uma configuração curva) como, também, garante que há um comprimento de fio livre que representa uma distância de segurança em caso de rompimento (Figura 28);

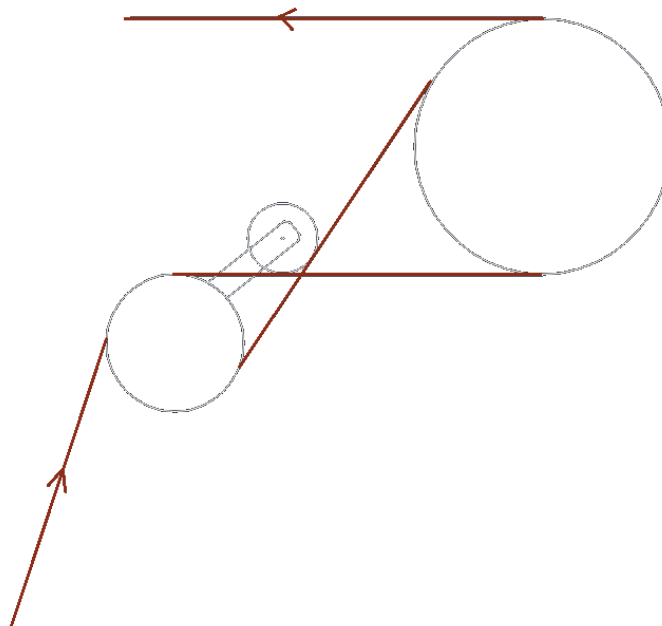


Figura 28 - Trajeto feito pelo arame em torno das duas polias

3. Uma pequena polia é apoiada neste curso de arame para que, em caso de rompimento ou na situação de uma bobine acabar, ela caia acionando um sensor que despoleta a paragem imediata da máquina (Figura 29);

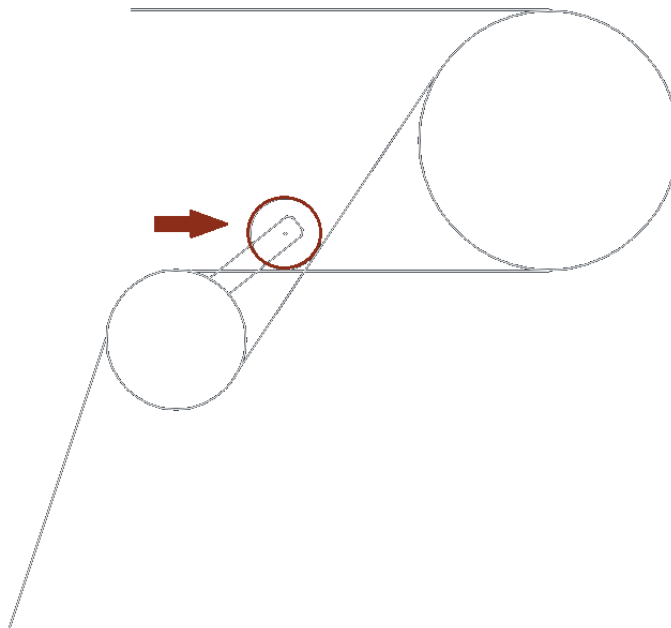


Figura 29 - Representação da polia de acionamento do sensor

4. Um conjunto de molas colocadas estrategicamente atribui dinâmica ao sistema e reage em conformidade com o tensionamento do arame. Estas molas controlam a posição do braço ao qual estão acopladas as duas pastilhas que entram em contacto com o tambor (Figura 30);

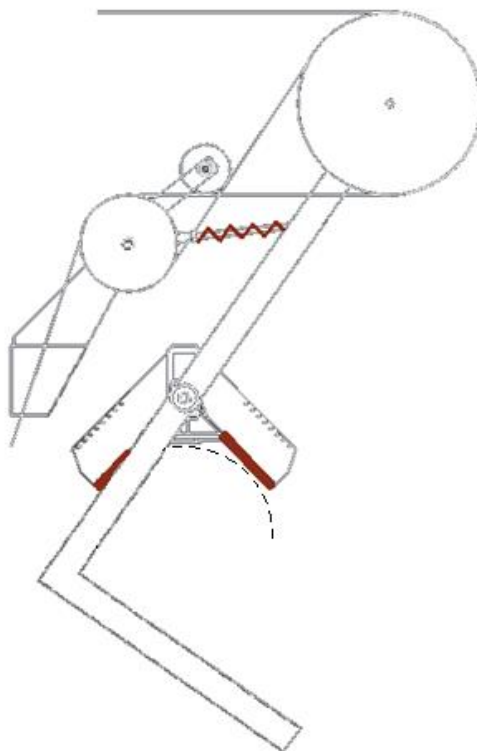


Figura 30 - Representação de uma das molas e das pastilhas

5. O tambor, partilhando o veio central com a bobine de arame, vai sendo travado, ou não, de acordo com o que é exigido pelo sistema (Figura 31);

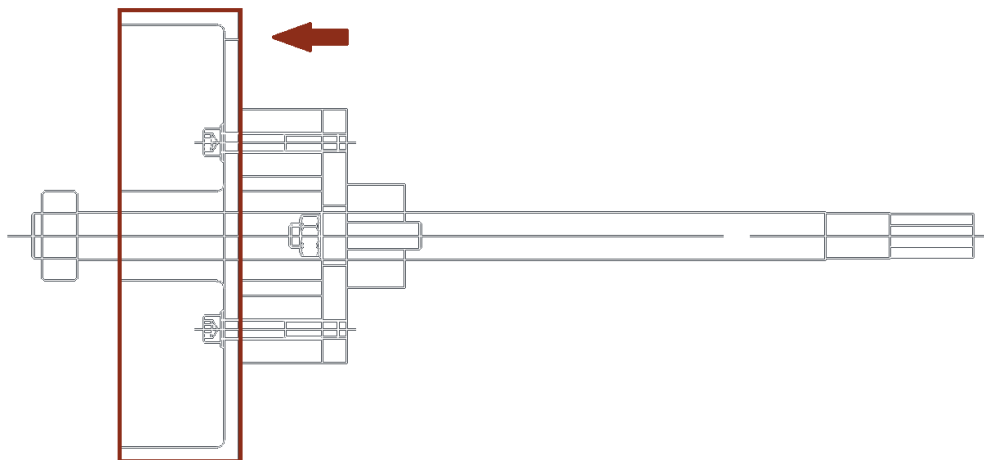


Figura 31 - Tambor e veio de encaixe na bobine

Com tantos anos de funcionamento, muito desgaste devido a paragens muito bruscas, este sistema adquiriu folgas que comprometem a sua fiabilidade. Assim, e considerando a vontade de obter um mecanismo tecnologicamente mais evoluído e que permita manter um registo detalhado dos valores de tensão sentidos no arame, mostrou-se ser de grande interesse o projeto de um novo mecanismo de travão capaz de assegurar o cumprimento deste requisito e adaptável à estrutura atual da máquina.

### **3.3 Requisitos do Projeto**

A somar à necessidade de controlar a tensão nos arames, o bom funcionamento do equipamento obriga a que outras especificações sejam cumpridas. Abaixo, apresenta-se uma lista com alguns pontos considerados obrigatórios no projeto de uma alteração à alimentação de arame:

- A máquina deve parar em caso de uma bobine chegar ao fim;
- Da mesma maneira, a máquina deve parar em caso de rompimento de arame;
- As paragens devem ser o mais rápidas possível para evitar que a falha de arame chegue à extrusora;
- O método de substituição das bobines e o seu encaixe nas estações deve manter-se o mesmo, uma vez que, já faz parte da rotina dos operadores;
- Nenhuma alteração deve implicar aumento de espaço lateral entre estações uma vez que a estrutura metálica existente não tem capacidade para tal;
- Qualquer anomalia no tensionamento dos arames deve ser, não só corrigida, como também registada pelo PLC da máquina;
- Os custos não podem de maneira nenhuma ser menosprezados considerando que a necessidade de um investimento demasiado elevado poderia conduzir à inviabilização imediata do projeto;
- O sistema dimensionado deve ser compatível e integrável na máquina a nível de controlo e drives;

### 3.4 Soluções Analisadas

Todo o desenvolvimento deste projeto foi um processo iterativo onde várias soluções foram analisadas e rejeitadas até se alcançar a mais satisfatória. Depois de determinar que o objetivo seria a obtenção de tensões idênticas em todos os arames, surgiu uma primeira ideia baseada em controlo pneumático do sistema que não envolvia nenhuma alteração ao método de travagem já existente. Contudo, após ser discutido e analisado a nível de departamento, decidiu-se que o ideal seria efetivamente substituir o travão mecânico presente nas máquinas, sendo que, o seu desempenho estava já, indiscutivelmente, comprometido. Para isso, foi preciso também estudar um sistema de medição de tensão cujo output pudesse, convenientemente, controlar o novo travão, bem como, todo o controlo associado a estas soluções. Segue-se, então, uma breve descrição de todas as soluções consideradas.

#### 3.4.1 Controlo Pneumático

Como referido no parágrafo anterior, esta solução em nada interferia com o sistema de travão. O objetivo seria implementar, numa zona em que o comprimento de fio assim o permitisse (Figura 32), um cilindro pneumático, com um rolete na extremidade da haste, com o objetivo de tensionar o arame. Este cilindro seria forçado a manter uma pressão previamente definida ( $P_{méd}$ ) no interior da sua câmara e reagiria a qualquer perturbação que lhe fosse imposta pelo arame. Estas leituras seriam feitas por dois fins de curso/sensores implementados na haste. Ou seja, caso o arame acabasse, a baixa de força abrupta sentida na extremidade da haste do cilindro conduziria a uma queda de pressão no seu interior, que seria compensada com entrada de mais ar comprimido para a câmara, e um dos sensores da haste seria ativado. Caso o arame prendesse, por qualquer defeito no enrolamento da bobine, e tensionasse demasiado, empurraria para trás a haste do cilindro obrigando a um escape de ar comprimido com vista a repor a pressão de trabalho. Neste ponto, o outro sensor seria ativado dando ordem para desligar a máquina antes de se atingir o ponto de rompimento. Ambas estas situações são ilustradas pela Figura 33.

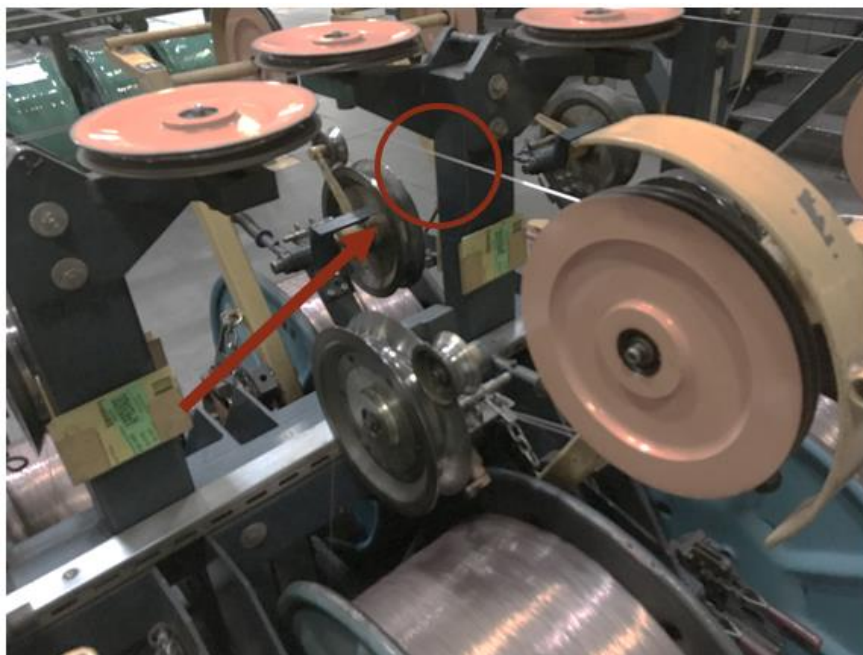


Figura 32 - Local ponderado para a implementação do cilindro pneumático

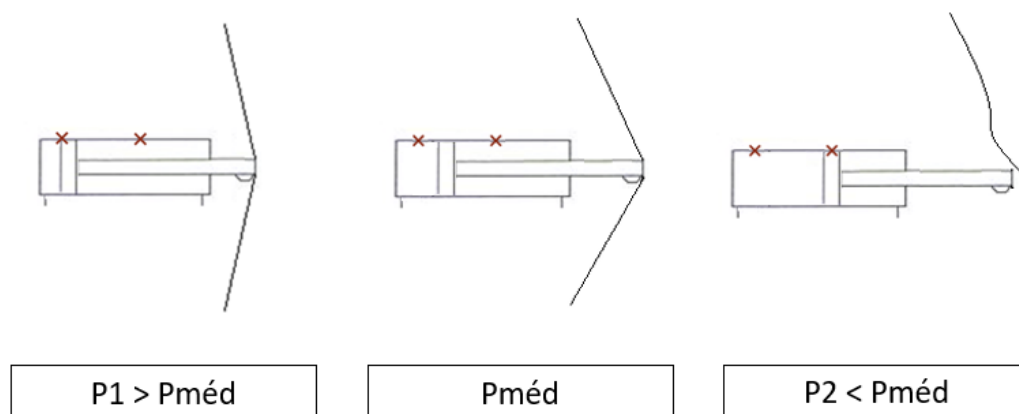


Figura 33 - Representação do funcionamento do cilindro pneumático

Apesar desta solução ser teoricamente funcional, as opiniões foram unânimes no sentido da necessidade de substituir o travão mecânico. Além disso, esta alternativa apresentava desvantagens claras: primeiro, obrigava a ramificar a rede de ar comprimido e a criar uma linha na área das CTs, e segundo, não incluía o registo de anomalias que se pretende.

A par desta situação, foi também analisada a hipótese de usar a pneumática para controlo do próprio travão. Esta solução implicava o acoplamento de um cilindro ao braço que incorpora as pastilhas, porém, as desvantagens mantinham-se as mesmas apresentadas pela solução anterior.

### 3.4.2 Controlo de Travagem

Os sistemas de travagem evoluem constantemente e novas soluções surgem procurando oferecer maior eficácia. No seu dimensionamento há vários fatores a ter em consideração, nomeadamente, a manutenção requerida, o desgaste associado à aplicação, a rapidez de resposta ou o espaço disponível.

No caso do desenrolamento de arame, existem duas soluções muito comuns: travões eletromecânicos ou a utilização de um motoredutor como gerador de impedância ao movimento. Em ambos os casos, é necessário o dimensionamento ser feito em função do binário desenvolvido, da massa em movimento e das velocidades máxima e mínima de rotação. Neste sentido, alguns cálculos e medições tiveram de ser feitos e alguns dados de fornecedores recolhidos. Em adição, foi necessário dimensionar todo o sistema de controlo (drives e amplificadores) necessário, bem como, todas as consequentes alterações à estrutura.

Como já foi referido, para efeitos de cálculo, no que diz respeito às características das bobinas e do arame, recorreu-se à informação disponibilizada em catálogo pela *Bekaert*. Esta encontra-se listada na próxima página, bem como todos os cálculos que foi necessário realizar para as duas situações extremas:

- Bobina cheia – velocidade mínima e peso máximo
- Bobina vazia – velocidade máxima e peso mínimo

Relativamente ao sistema de medição de tensão requerido, existem duas opções óbvias e ambas foram consideradas neste projeto: célula de carga/sensor de tensão e encoder.

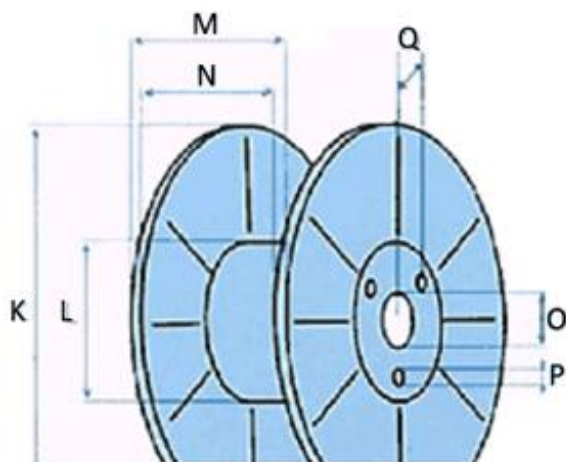


Figura 34 – Características da Bobine de Arame (Bekaert, 2017)

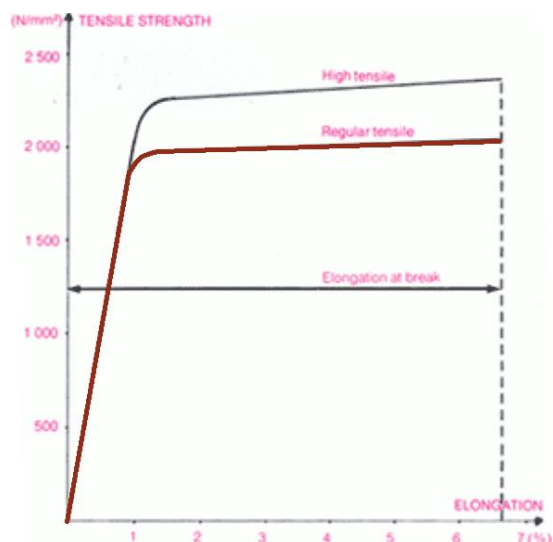


Figura 35 - Curva Comportamental do Arame (Bekaert, 2017)

Ref: R001480801	N = 280 mm	O = 33 mm
D <sub>arame</sub> = 0.965 mm	K = 760 mm	P = 20 mm (x2)
M = 345 mm	L = 355 mm	Q = 63.5 mm

Tabela 3 – Dados recolhidos e cálculos efetuados

<u>Bobine Cheia</u>	<u>Bobine Vazia</u>
<b>d = 700 mm</b>	<b>d = 355 mm</b>
<b>r = 350 mm</b>	<b>r = 177.5 mm</b>
<b>m = 500 Kg</b>	<b>m = 85 Kg</b>
<b>Perímetro = <math>0.35 \times 2\pi = 2.20 \text{ m}</math></b>	<b>Perímetro = <math>0.18 \times 2\pi = 1.13 \text{ m}</math></b>
<b><math>\omega = 30 \text{ rpm} \mid v = 1.10 \text{ m/s}</math></b>	<b><math>\omega = 100 \text{ rpm} \mid v = 1.89 \text{ m/s}</math></b>
<b>t<sub>aceleração</sub> = 10 s</b>	
<b><math>N = \frac{1.10}{2.20} \times 2\pi = 3.14</math></b>	<b><math>N = \frac{1.89}{1.13} \times 2\pi = 10.50</math></b>
<b><math>F = 500 \times \frac{1.10}{10} = 55 \text{ N}</math></b>	<b><math>F = 85 \times \frac{1.89}{10} = 16.07 \text{ N}</math></b>
<b>Bin = <math>55.0 \times 0.35 = 19.25 \text{ Nm}</math></b>	<b>Bin = <math>16.07 \times 0.18 = 2.89 \text{ Nm}</math></b>
<b><math>P = 19.25 \times 2\pi \times \frac{30}{60} = 60 \text{ W}</math></b>	<b><math>P = 2.89 \times 2\pi \times \frac{100}{60} = 30.26 \text{ W}</math></b>

Considerando os cálculos apresentados, determinaram-se todas as variáveis críticas referidas anteriormente. São estes os valores que serão usados para dimensionar quer o travão eletromecânico quer o motoredutor. Foram consultados vários fornecedores e comparados orçamentos para obtenção de uma solução que satisfizesse todos os critérios.

Segue-se uma breve abordagem ao funcionamento de ambas as alternativas que permite compreender a sua adequabilidade a esta aplicação.

### 3.4.2.1 Sistema de Travagem

#### Travão Eletromecânico

No caso de controlo de binário, estes travões funcionam com base no efeito de histerese. Esta é a tendência que um sistema tem de conservar as suas propriedades na ausência do estímulo que as gerou. Este fenómeno é mais comum em magnetismo e é essencialmente desse modo que funcionam estes travões (Magtrol, 2017).

Quando a bobine presente nestes mecanismos é energizada, o rotor perde a capacidade de se movimentar livremente. O espaço livre torna-se um campo de fluxo magnético e ocorre a travagem de uma forma suave e controlada. Ajustando a corrente DC que alimenta o travão é possível controlar adequadamente o campo magnético gerado e, conseqüentemente, a força de travagem proporcionalmente. Esta relação é descrita pelo gráfico no Anexo C. Esse controlo tão fino constitui a maior vantagem deste tipo de tecnologia. Em adição, são mecanismos que não requerem muita manutenção, apresentam dimensões relativamente pequenas e grande durabilidade associada à ausência de fricção entre materiais.

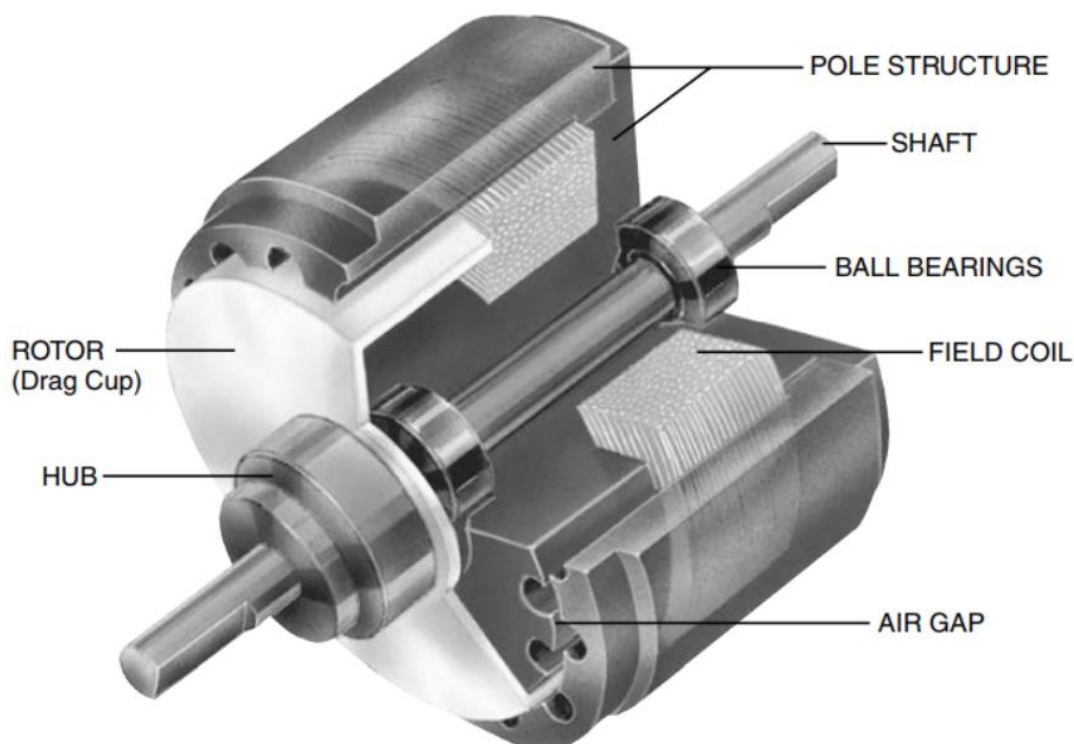


Figura 36 - Travão Eletromecânico (Magtrol, 2017)

Depois de uma pesquisa de várias marcas e fornecedores, sempre com a preocupação que existisse representação em Portugal para facilitar o contacto e após várias opções que se mostraram inadequadas, encontrou-se uma unidade ideal para a aplicação em causa: Magtrol, HB 140 (o desenho de conjunto deste travão pode ser consultado no Anexo D). As características deste modelo encontram-se listadas na tabela abaixo.

Tabela 4 - Características da Unidade HB 140 da *Magtrol* (Magtrol, 2017)

<b>Corrente Nominal (mA)</b>	<b>Binário mínimo (Nm)</b>	<b>Tensão (V)</b>	<b>Velocidade Máxima (rpm)</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Peso (Kg)</b>
253	0.35	24.0	12 000	6.10	1.85

A unidade referida obriga á utilização de um amplificador/controlador proporcional. Considerando que convém sempre o controlo ser fornecido pela mesma marca, projetou-se a associação do travão de histerese ao controlador VM Series também da Magtrol. O objetivo é regular os circuitos de controlo através do sinal de entrada (neste caso dado pelo sensor de tensão ou encoder). Para isso faz-se uso do controlador PI integrado que permite que todo o sistema funcione com um valor de entrada de referência e o controlador apenas faz o ajuste em caso de desvio desse valor. Este modo de funcionamento atribui dinâmica e estabilidade a esta solução. O esquema descrito apresenta-se representado na Figura 37.

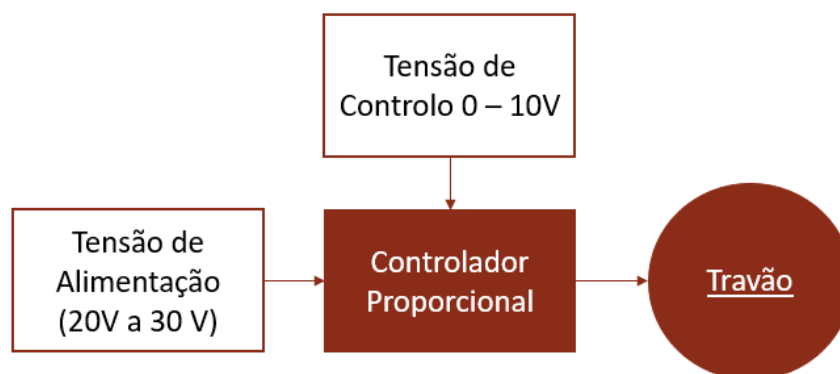


Figura 37 - Esquema de implementação da unidade de controlo VM Series da Magtrol

### Motorreductor

Um motorreductor consiste na junção de um motor elétrico com uma caixa redutora com a função de multiplicar a força gerada pelo motor. O seu dimensionamento é em tudo semelhante ao de um motor convencional, mas, neste caso, existiram limitações quanto ao fabricante. Tendo este projeto sido desenvolvido em ambiente industrial, é frequente as empresas terem protocolos com determinados fornecedores que condicionam algumas decisões. A CMIP tem a SEW e a Siemens como fornecedor oficial na categoria de motores e motorredutores, e drives de controlo. Contudo, a ausência de referências na categoria de travões permitiu contornar levemente esta premissa e considerar também, por exemplo, soluções da Lenze.

Considerando os valores calculados, começou-se por orçamentar um sistema da SEW, usando uma unidade servo K37, mas os custos associados a esta opção ultrapassavam em muito o desejado. Assim, mostrou-se necessário prosseguir com a busca por soluções menos dispendiosas.

Após contacto com a Lenze, surgiu uma hipótese mais acessível. Um redutor g500-B110 com motor MD 063-42, mostrou-se a melhor alternativa dentro desta solução construtiva. As características destas duas unidades encontram-se nas tabelas e gráficos apresentados a seguir:

Tabela 5 - Características do Redutor g500-B110 da Lenze (Lenze, 2018)

Estágios	Relação de transmissão 'i'	Binário máximo à saída (Nm)	Rendimento
2	40	79.7	0.95

Tabela 6 - Características do Motor MD 063-42 da Lenze (Lenze, 2018)

Potência Nominal (kW)	Velocidade Máxima (rpm)	Binário Máximo (Nm)	Tensão de Alimentação (V)	Frequência Alimentação (Hz)	Corrente de Alimentação (A)
0.25	1370	1.74	400	50	0.820

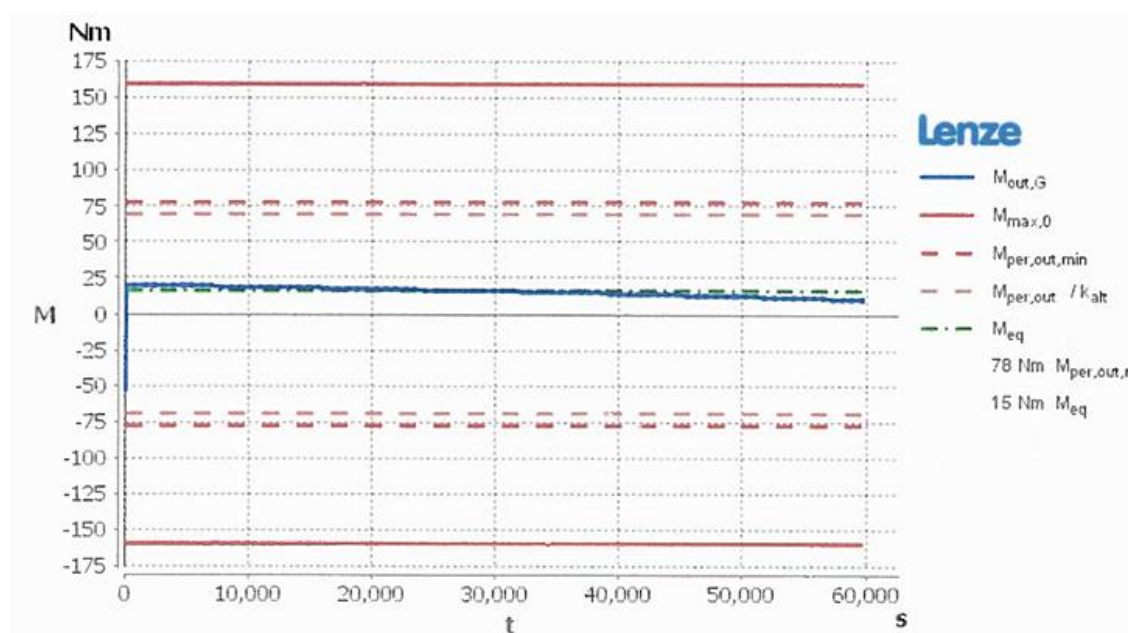


Figura 38 - Binário de Saída do Redutor g500-B110 da Lenze (Lenze, 2018)

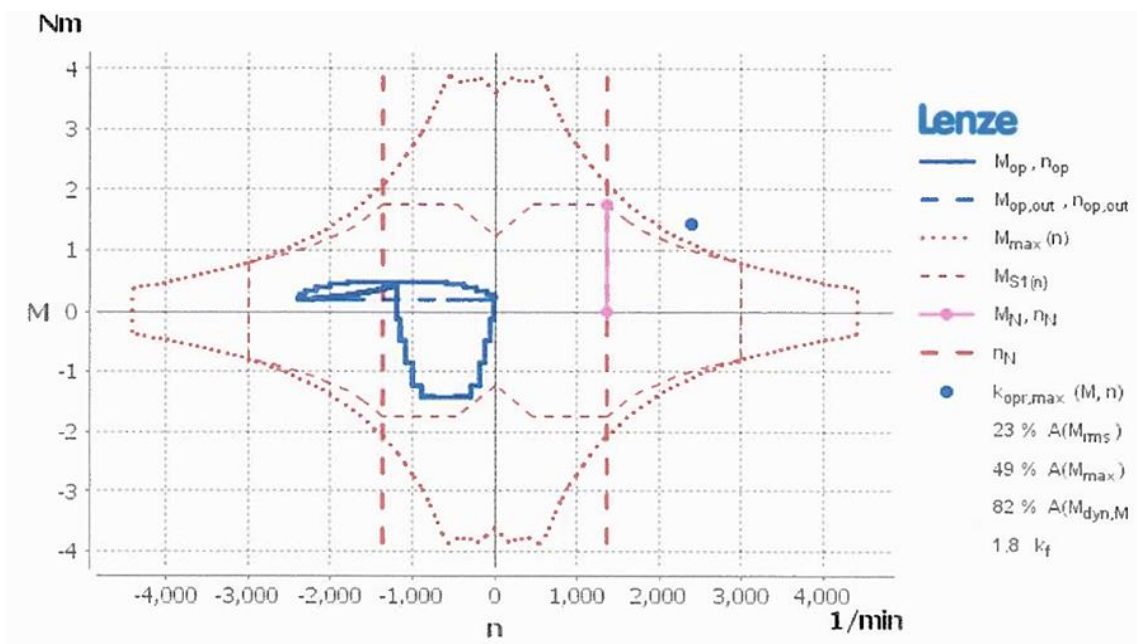


Figura 39 - Curva de Binário/Velocidade do Motor MD 063-42 da Lenze (Lenze, 2018)

A somar ao facto de todos os requisitos serem cumpridos com esta solução e de os custos serem mais convidativos, existe ainda a vantagem de ser facilmente integrável no sistema já existente dada a sua total compatibilidade com o software da Siemens e com a Profinet (rede de comunicação desenvolvida com foco no ambiente industrial e utilizada na CMIP). Para isso dimensionou-se a unidade Inverter i500 para controlo linear do motoredutor que possui o benefício de ser de dimensões reduzidas e de fácil instalação. O princípio de funcionamento é semelhante ao descrito para o controlador da Magtrol e a sua implementação e comportamento estão representados nas Figuras 40 e 41.

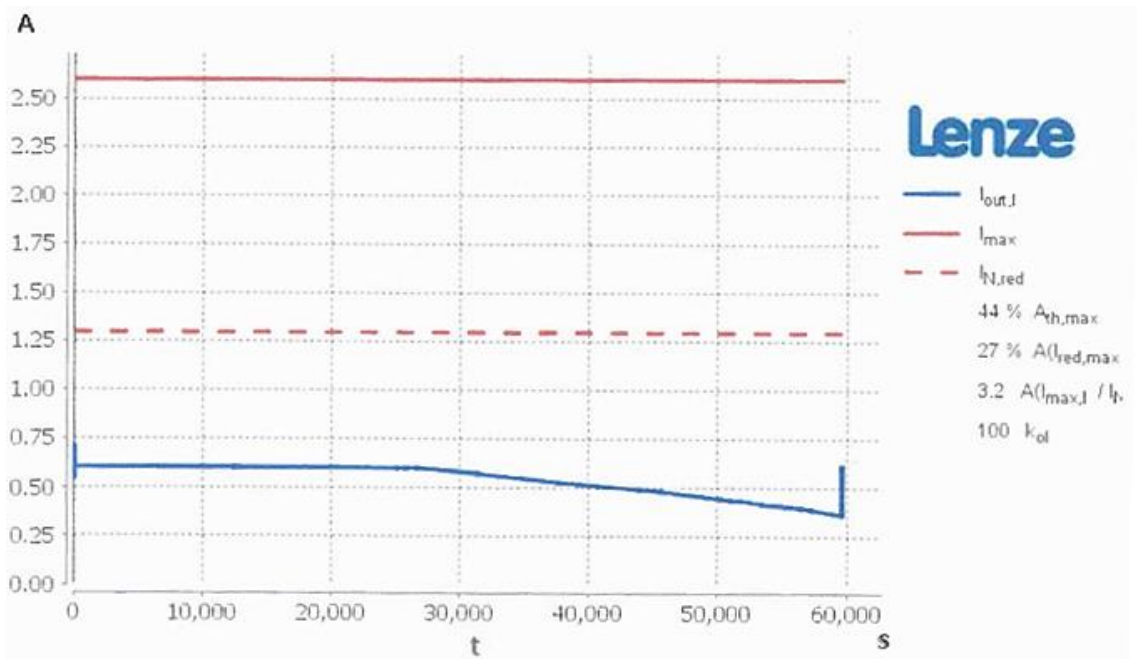


Figura 40 - Corrente de saída do Inverter i500 da Lenze (Lenze, 2018)

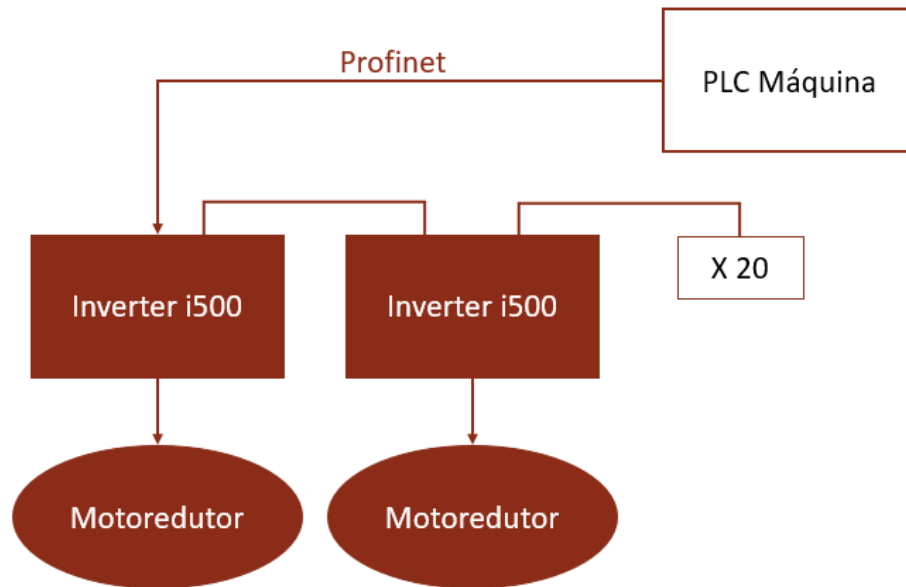


Figura 41 - Esquema de implementação do Inverter i500 da Lenze

#### 3.4.2.2 Sistema de Medição de Tensão no Arame

A tensão corresponde à tração axial existente no arame. Num ponto de vista atômico, quando átomos e moléculas são separadas e ganham força potencial com geração de uma força resistente. É essa força resistente que provoca a tendência do material de retomar a sua forma inicial e contrariar essa separação forçada.

Tendo em conta que atualmente não é feito qualquer registo da tensão presente em cada arame, mostrou-se necessário fazer um cálculo aproximado dessa força axial para que se pudesse ter noção da ordem de grandeza dos valores para os quais se estavam a dimensionar soluções. Para isso recorreu-se ao diâmetro do arame a à sua tensão de rotura, já mencionados anteriormente. Daqui resultou aquele que seria o valor de tensão ao qual ocorreria o rompimento e entende-se que em funcionamento os valores de tensão terão que estar consideravelmente abaixo do calculado.

$$A_{\text{seção}} = \pi \times \left(\frac{0.965}{2}\right)^2 = 0.731 \text{mm}^2$$

Para uma tensão de rotura de 2000 Mpa:

$$F = \frac{2000}{0.731} = 2736 \text{ N}$$

Após análise do sistema em causa, foram pensadas duas hipóteses possíveis: a primeira seria recorrer diretamente a uma célula de carga como sensor de tensão; a segunda seria aproveitar a tração sofrida do arame para deslocação de um qualquer objeto com um *encoder* acoplado. De seguida são apresentadas com mais detalhe ambas as soluções.

Sensor de Tensão/Célula de Carga

As células de carga funcionam de forma indireta normalmente baseando-se na resposta de algum material à aplicação de uma carga, desde alterações de pressão a deformações sofridas. São extremamente precisas e fiáveis e existem sobre diversas formas no mercado. As principais características desta tecnologia são o modo de operação, à tração ou à compressão, o intervalo de forças que mede e a sobrecarga.

As células de carga podem medir forças em diversas ordens de grandeza uma vez que o material usado para deformar na célula pode ser selecionado dependendo da aplicação para que suporte as cargas necessárias.

Após uma vasta busca de células que pudessem ser aplicadas à medição de tensão em arames, encontrou-se uma solução em tudo apelativa. A unidade RMGZ200 da *FMS Technology* (Figura 42) não só cumpria todos os requisitos estabelecidos como apresentava um formato de polia que se mostrou muito útil para esta aplicação. Conforme é visível na Figura 42, há uma polia por estação colocada na horizontal cujo o único propósito é o encaminhamento do arame na direção da extrusora. Considerando a morfologia destes sensores, e como forma de otimização de espaço, considerou-se que uma troca seria uma boa opção para incorporar a medição de tensão no sistema. As características deste sensor encontram-se resumidas na Tabela e o desenho de conjunto pode ser consultado no Anexo E.

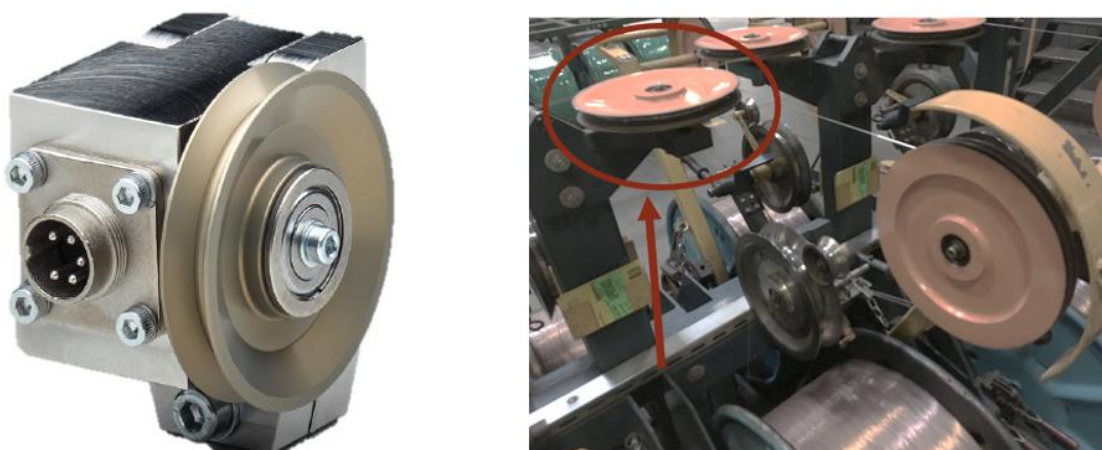


Figura 42 - Unidade RMGZ 200 da FMS Technology e local da sua instalação

Tabela 7 - Características da Unidade RMGZ 200 da FMS Technology (FMS Technology, 2017)

<b>Gama de Tensões</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Lubrificação</b>	<b>Sobrecarga</b>	<b>Tensão de Alimentação</b>	<b>Material</b>
6 – 300 N	1.8 mV/V	n/a	10 x força nominal	1 – 12 VDC	Aço Inoxidável

### Encoder

Um *encoder* é um dispositivo eletromecânico de enorme importância em automação. Contando ou reproduzindo impulsos elétricos permite obter informação sobre a velocidade ou posição de um corpo que gire ou se desloque linearmente. São transdutores ditos relativos ou incrementais, uma vez que, não indicam a posição ou velocidade reais, mas sim, os desvios relativamente a um valor da variável de referência. É um princípio que já remonta há muitas décadas e que foi sofrendo enormes evoluções, tendo sido a maior delas a capacidade de usar os impulsos gerados pelo *encoder* para, em função disso, controlar a atuação de outros dispositivos.

Hoje em dia, o *encoder* mais amplamente utilizado é do tipo ótico e o seu funcionamento é ilustrado na Figura 43.

Tal como na situação descrita anteriormente, a instalação de um *encoder* na CT poderia ser feita com a utilização de recursos já existentes. A polia de ativação do sensor de emergência, referida na secção 3.2, possui um movimento angular dependente do tensionamento dos arames. Assim, mostrou-se uma boa opção o acoplamento de um transdutor ao braço rotativo.

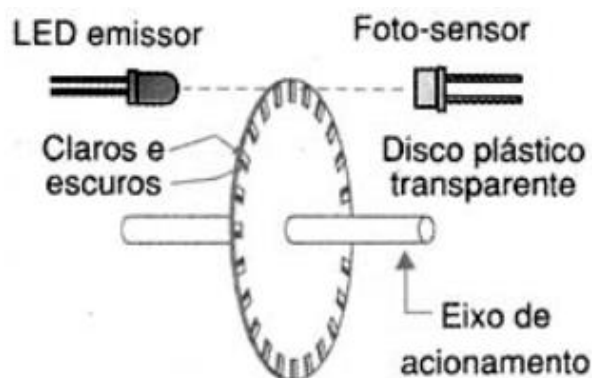


Figura 43 - Funcionamento de um transdutor ótico (T & R Technology, 2018)

Os baixos custos em associação com a diminuição de alterações necessárias à estrutura constituem a maior vantagem desta solução. Neste caso a escolha também ficou facilitada considerando que a CMIP tem já vários fornecedores de tecnologias deste tipo. Assim, selecionou-se a unidade IE58A da *T&R Eletronic*, que apresenta uma elevada resolução e cujas características se encontram na Tabela 8 e o desenho de conjunto no Anexo F.



Figura 44 - Unidade IE58A da *T&R Eletronic* (T & R Technology, 2018)

Tabela 8 - Características da unidade IE58A da *T&R Eletronic* (T & R Technology, 2018)

<b>Tensão de Alimentação</b>	24VDC
<b>Corrente de Alimentação</b>	100 mA
<b>Impulsos p/ Volta</b>	10 000
<b>Velocidade Máxima</b>	6000 rpm

### 3.4.2.3 Alterações à Estrutura Metálica

A implementação de qualquer uma destas soluções implica alterações à estrutura metálica que suporta todas as estações de bobines. Em alguns casos, permite o descarte de partes que perdem o seu propósito, mas em todos obriga à remoção do tambor de travagem e à incorporação de um sistema de transmissão por correia 1:1, uma vez que o espaço entre estações é reduzido e não é suficiente nem para o travão eletromecânico, nem para o motoredutor.

Outra questão fundamental ao ponderar estas alterações foi a obrigatoriedade de manter o sistema de troca e encaixe das bobines nas estações para que a rotina dos operadores não se alterasse. Atualmente, quando é necessário fazer uma troca de bobine, esta é retirada juntamente com o seu veio, este é colocado na nova bobine que por sua vez é colocada na estação. Para garantir o cumprimento destes requisitos foram ultrapassadas várias etapas, nomeadamente o projeto de um acoplamento para o veio da bobine.

Todos os passos que fizeram parte deste processo são descritos e ilustrados de seguida:

1. Remoção das partes estruturais que suportam todos os elementos intervenientes no sistema de travagem atual;
2. Remoção do braço cuja inclinação controla as pastilhas e a força de travagem;

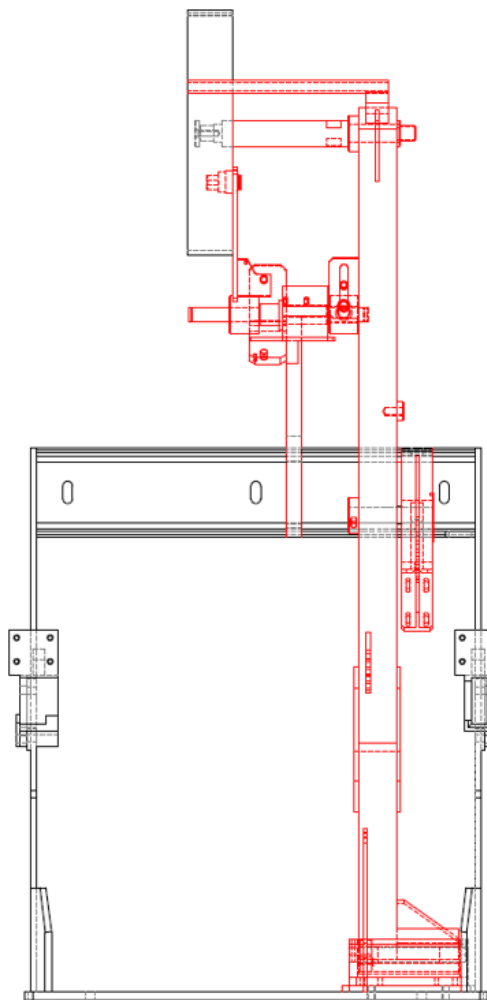


Figura 45 - Partes estruturais removidas (a vermelho)

3. Deslocamento da parede lateral direita da estação e da alavanca do veio como forma de aumento de espaço entre estações;

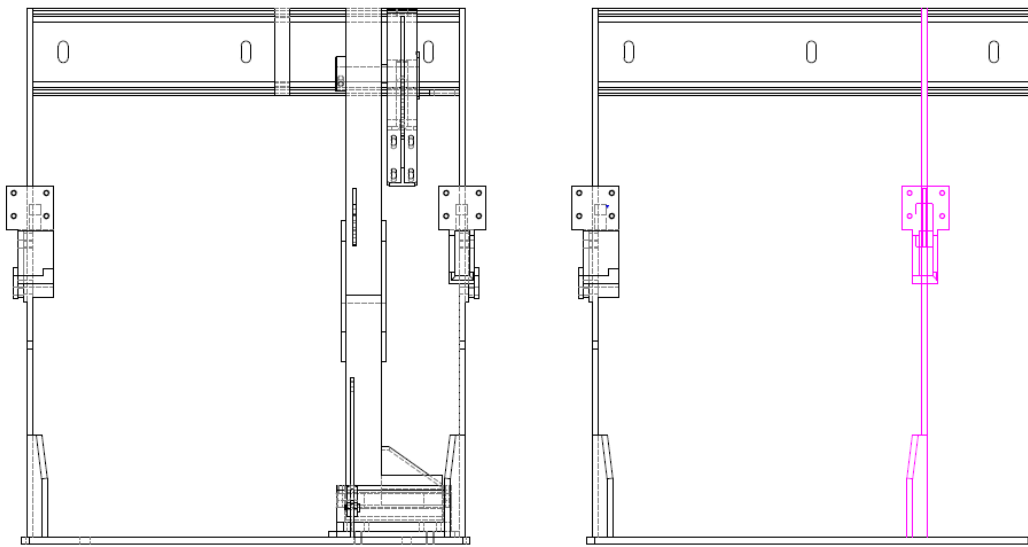


Figura 46 - Deslocamento da parede lateral direita

4. Substituição do braço removido por um vertical centrado na estrutura;

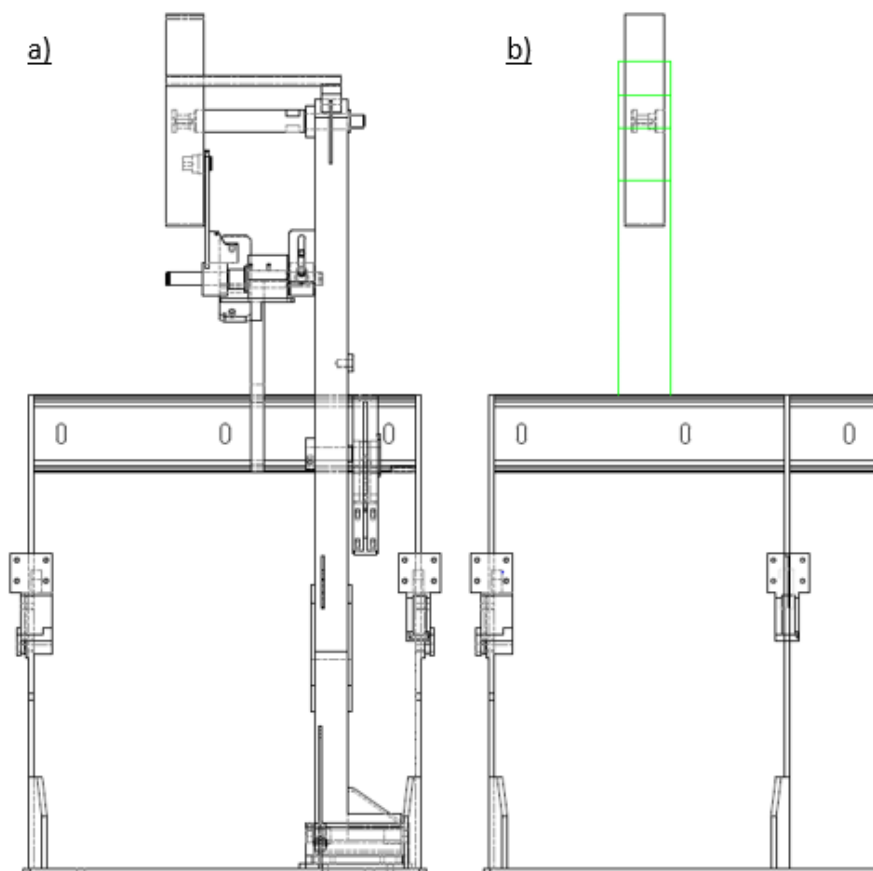


Figura 47 – a) Estrutura inicial; b) Estrutura com todas as alterações

5. Projeto do acoplamento do veio que vai permitir a dinâmica normal deste e garantir a transmissão de movimento para a correia (desenho de conjunto e vista explodida no Anexo G);

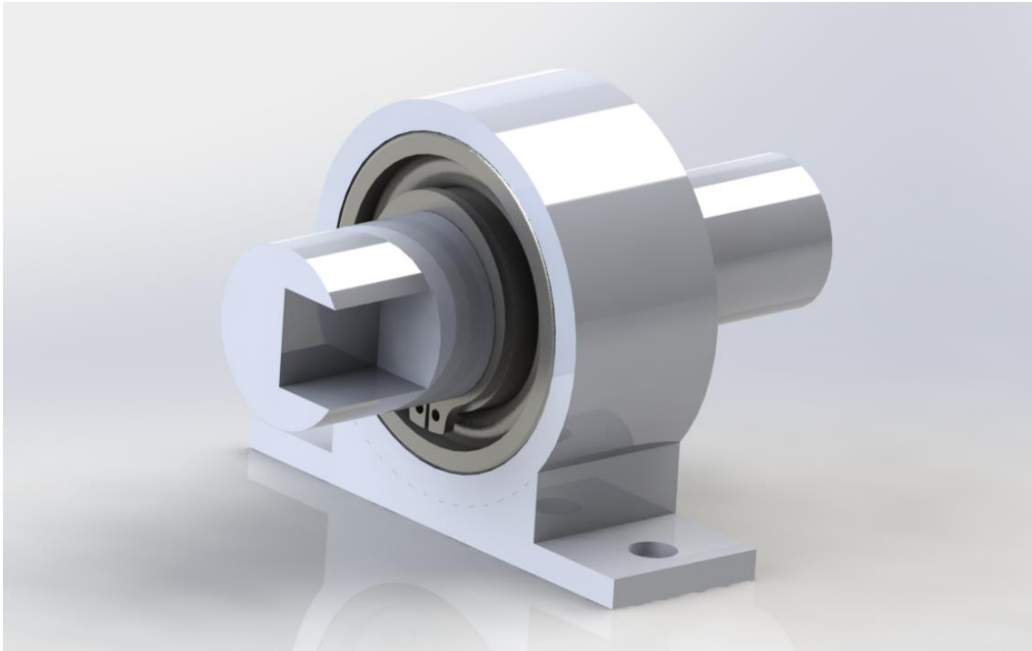


Figura 48 - Acoplamento projetado

6. Projeto de um suporte para o travão eletromecânico ou para o motoredutor que permite fazer o tensionamento da correia e prever uma possível situação em que seja necessário retirar alguma das peças;



Figura 49 - Suporte para Travão Eletromecânico

7. Dimensionamento do sistema de transmissão, polias e correia, recorrendo aos valores máximos apresentados anteriormente;

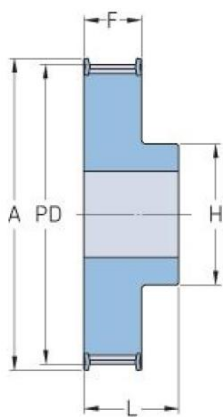
Nota: Os valores apresentados são referentes ao caso do travão eletromecânico, uma vez que, no caso do motorreductor a transmissão seria 1:1

Os resultados apresentados na tabela abaixo foram obtidos após algumas iterações com a recurso à seguinte fórmula:

$$\omega_1 = \frac{r_2}{r_1} \times \omega_2$$

As polias e correia descritas são normalizadas e recorreu-se aos catálogos e aplicações da SKF para dimensionamento.

Tabela 9 - Dimensionamento das Polias de Transmissão

<b>Polia do Travão (1)</b>	<b>Polia da Bobine (2)</b>
<b>PHP 14H075RSB</b>	<b>PHP 38H075RSB</b>
	
$\omega_1$ (arbitrada) = 250 rpm	$\omega_2 = 100$ rpm
$d_{\text{veio}} = 10$ mm	$d_{\text{veio}} = 30$ mm
$B_{in} = 0.35$ Nm	$B_{in \text{ requerido}} \approx 20$ Nm
$Z_1 = 14$	$Z_2 = 38$
$A_1 = 63$ mm	$A_2 = 158$ mm
$L_1 = 40$ mm	$L_2 = 40$ mm
Peso = 0.5 Kg	Peso = 2.6 Kg
$F_1 = 27$ mm	$F_2 = 27$ mm
$H_1 = 40$ mm	$H_2 = 80$ mm

Nota: O diâmetro do veio destas polias pode ser maquinado de acordo com o desejado

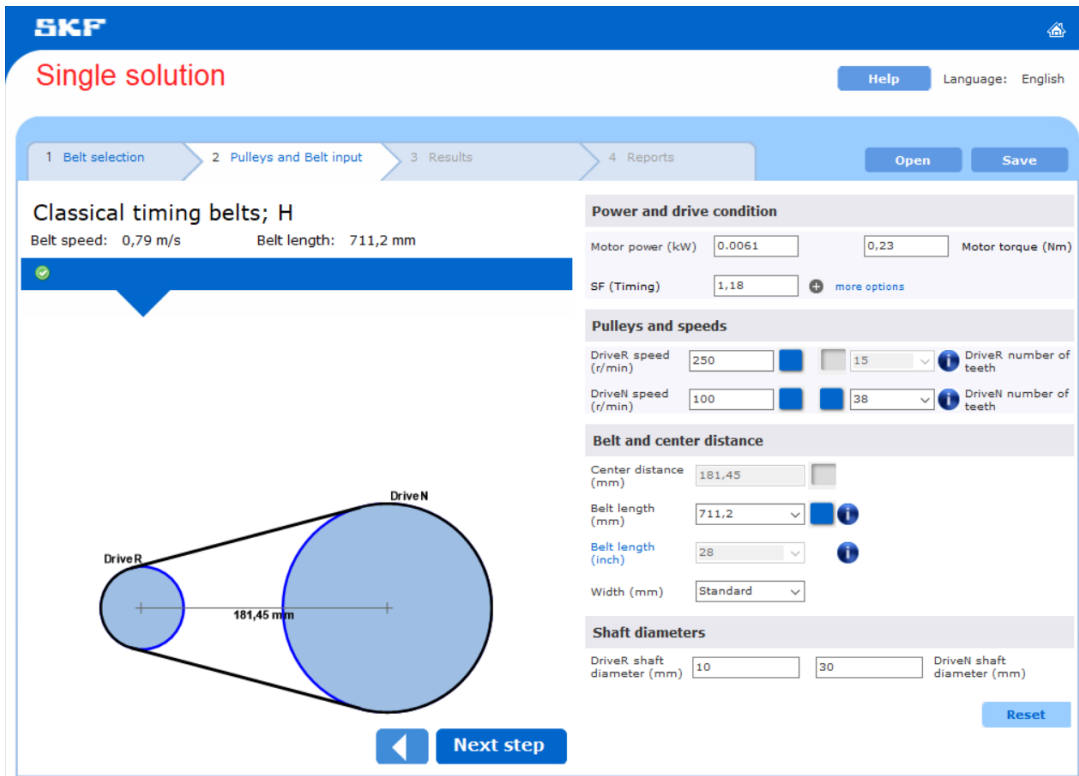


Figura 50 - Dimensionamento da correia de transmissão com a aplicação da SKF

Tabela 10 - Correia de Transmissão selecionada

Correia	Largura	Fator de Serviço
PHG 280-H-075	19.05 mm	56.86

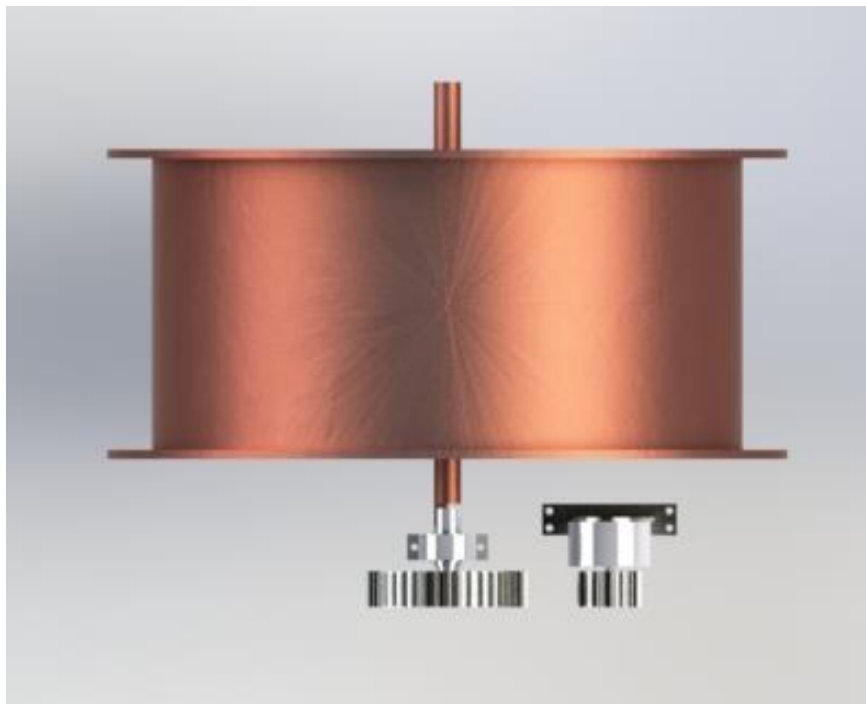


Figura 51 - Representação da Montagem Final (vista de cima)



## Capítulo 4

### Conclusões e Trabalhos Futuros

#### 4.1 Conclusões

O objetivo deste projeto foi projetar uma solução para a máquina construtora de talões capaz de garantir um tensionamento idêntico em todos os arames que são alimentados ao processo. Para isso foi necessário passar por diversas fases, compreender em profundidade todo o processo e máquina, fazer inúmeras pesquisas e estabelecer contacto com vários fornecedores, o que se revelou bastante complexo e desafiante. Foi possível ao autor entender e experienciar todas as dificuldades que se encontra no mundo industrial e o impacto que normas e regras empresariais podem ter no desenvolvimento de qualquer projeto.

Concluídas todas as etapas deste processo, discutidas todas as opções e ideias, foram feitas propostas capazes de cumprir o objetivo estabelecido. Duas para o sistema de travagem: motoredutor e travão eletromecânico; e uma para o sistema de medição de tensão: célula de carga. Estas não foram, ainda, implementadas devido à necessidade de autorização superior para investimentos desta ordem de grandeza. Todas as considerações que surgiram durante o desenvolvimento deste projeto são apresentadas a seguir:

- Em primeiro lugar, é indiscutível a importância da alimentação de arame na qualidade do produto final e esta é a premissa chave deste projeto e do fundamento para defesa do investimento associado;
- O projeto para substituição do sistema de travagem de bobines foi uma decisão com base empírica e que não partiu apenas da vontade do autor, mas também da vontade de outros elementos do DE3;
- As respostas e o *input* de todos os fornecedores contactados foram sempre tidos em conta ao longo do desenvolvimento desta dissertação;
- A utilização do travão eletromecânico ou do motoredutor é uma questão de “opção própria”, uma vez que, ambas foram provadas válidas, fiáveis e capazes de cumprir o propósito deste projeto e, em adição, os custos eram muito semelhantes;
- Da mesma forma, no caso do sistema de controlo de tensão, ambas as alternativas são equivalentes em fiabilidade e cumprimento dos requisitos

impostos, contudo, diferem no orçamento. As células de carga, como já era expectável, são consideravelmente mais dispendiosas;

- Independentemente do custo, o recurso aos sensores de tensão permite uma simplificação muito maior da estrutura e, por isso, considerou-se ser a solução mais apelativa;
- No que diz respeito às alterações projetadas para a estrutura metálica, estas representam a parcela mais pequena do investimento necessário e, por isso mesmo, não representam um entrave ao avanço do projeto;
- Quer a viabilização do projeto, quer os prazos de entrega dos elementos envolvidos, exigiam muito mais tempo do que o disponível para realização da presente dissertação;

### ***4.2 Trabalhos Futuros***

No futuro, é pertinente e desejada a realização de um teste inicial, incluindo apenas alterações a duas estações de bobines, para recolha de informação e confirmação do funcionamento desta solução. Desta forma, é possível registar e comparar os valores de tensão em dois arames distintos e perceber se os resultados vão de encontro ao objetivo esperado ou não.

Em caso de validação desta solução, seria interessante estudar a possibilidade da sua implementação em todas as três máquinas e passar a incluir as anormalidades na tensão dos arames no sistema como possível causa de avarias. Desta maneira conseguir-se-ia obter relatórios de avarias mais detalhados e assertivos, facilitando uma análise estatística que permita quantificar os benefícios desta alteração.

## Referências

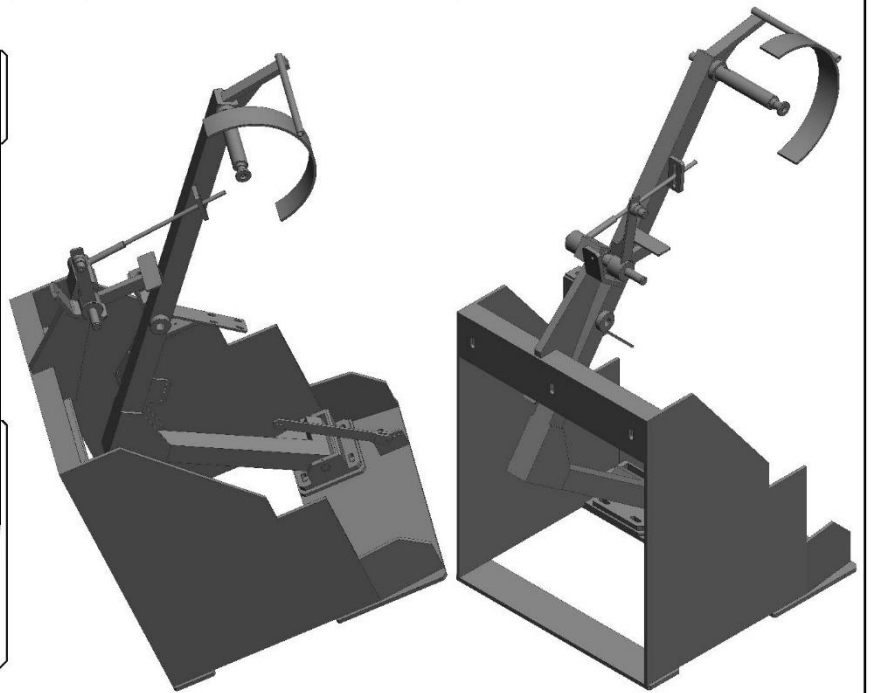
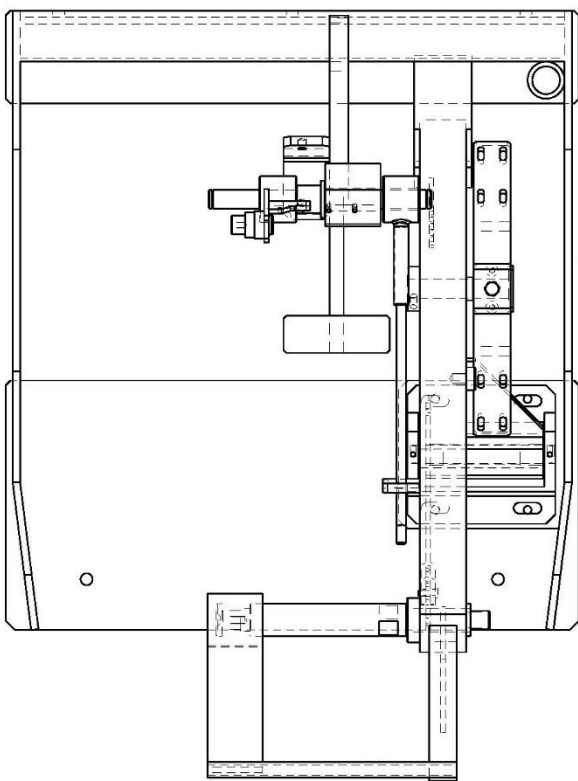
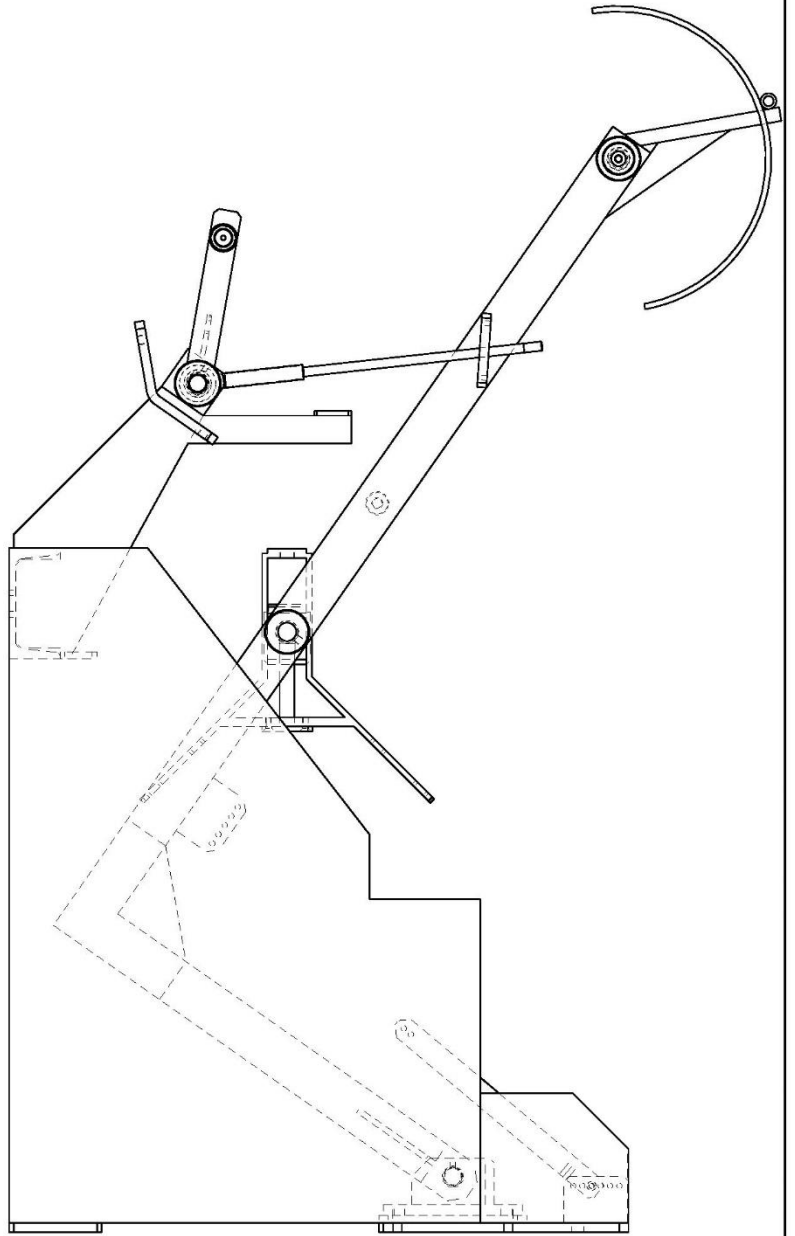
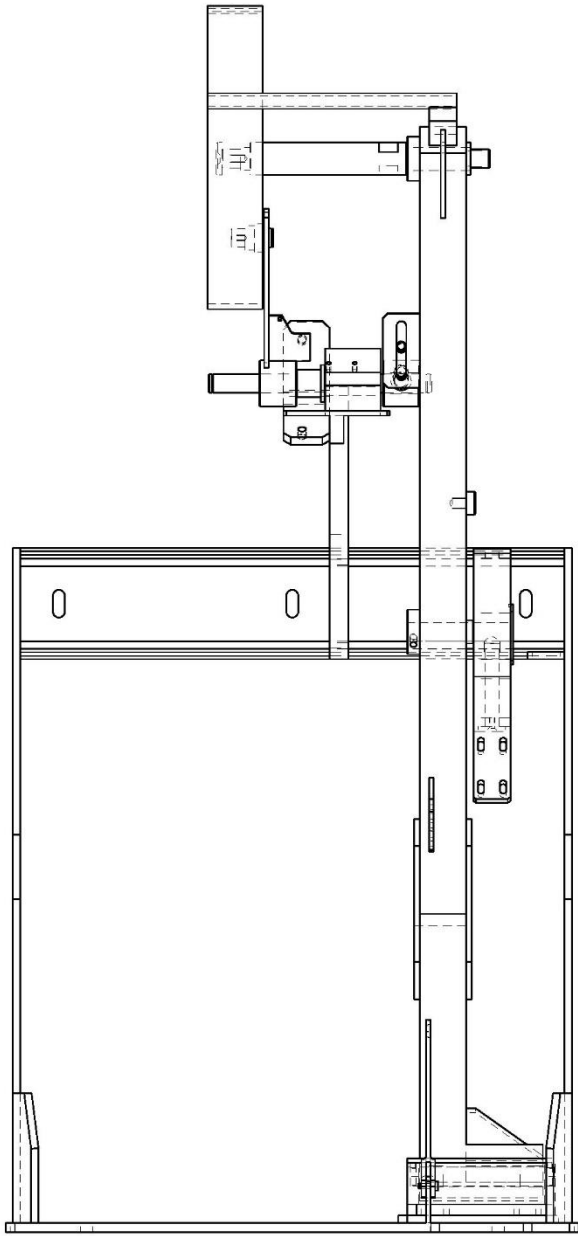
- Abou-Alia, M., & Khamis, M. (2003). TIREDDX: an integrated intelligent defects diagnostic system. Em *Expert Systems with Applications* (pp. 247–259). Alexandria, Egypt.
- Araújo, W. (2014). *Optimização de Processo Semiautomático de Fabrico de Componentes para Automóveis*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Barum Continental. (2008). Rubber Technology.
- Bekaert. (2017). *Bekaert*. Obtido de <https://www.bekaert.com/>
- Brito, L. (2011). *Organização da Produção Através da Aplicação de Ferramentas Lean Manufacturing Numa Empresa de Produção de Pneus*. Braga: Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
- Carree, M., & Thurik, R. (2000). The Life Cycle of the U. S. Tire Industry. *Southern Economic Journal*, Vol. 67, 254-278.
- Continental Reifen Deutschland GmbH. (2012). *Tyre Basics*. Obtido de Continental Tyres: <http://www.continental-tyres.com>
- Continental, C. (2017). *Continental Corporation*. Obtido de <https://www.continental-corporation.com/pt-pt>
- Costa, M. (2014). *Optimização do Processo de Fabrico de Componentes para a Indústria Automóvel*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Ferreira, G. (2013). *Análise e Melhoria de um Processo Produtivo de uma Empresa do Ramo Automóvel*. Braga: Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
- FMS Technology. (2017). *FMS Technology*. Obtido de <https://www.fms-technology.com/pt/index.php>
- Gorenstein, S. (1970). Planning Tire Production. Em *Management Science* (pp. B-72, B-82). New York.
- INTELLI. (2005). Diagnóstico da Indústria Automóvel. *Ministério da Economia e Inovação*, 46.
- KEB. (2017). *KEB - Products Magnet Technology*. Obtido de <https://www.keb.de/magnet-technology/products-magnet-technology>
- Lenze. (2018). *Lenze*. Obtido de <http://www.lenze.com/>
- Mabor, C. (2017). Intranet . Lousado.
- Magtrol. (2017). *Magtrol*. Obtido de <http://www.magtrol.com/>
- Mendes, F. (2010). *Melhoria da Logística Interna na Produção de Pneus na Continental Mabor*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ortlinghaus. (2017). *Ortlinghaus*. Obtido de <https://www.ortlinghaus.com/english/startseite.html>
- Reis, L. (2001). *Factores Estratégicos de Desenvolvimento da Indústria de Componentes para Automóvel em Portugal - Os Determinantes da Qualidade das Empresas*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.



- Reynolds, L. G. (1938). Competition in the Rubber-Tire Industry. Em *The American Economic Review*, Vol. 28 (pp. 458-469). Harvard University: American Economic Association.
- Santos, R. (2017). *Melhoria do Sistema de Movimentação do Transportador de Cunha e Posicionamento, do Tabuleiro de Aplicação APEX*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- SEW Eurodrive. (2017). *SEW Eurodrive*. Obtido de <https://www.sew-eurodrive.pt/inicio.html>
- SKF. (2018). *SKF*. Obtido de <http://www.skf.com/pt/index.html>
- T & R Technology. (2018). *T & R Technology*. Obtido de <http://trelectronic.com/>
- Ulrich, K. (1995). *Product Design and Development*. New York: McGraw-Hill.
- Zeger Degraeve, L. S. (1997). A Tire Production Scheduling System for Bridgeston/Firestone Off-The-Road. *Operations Research*.

## **ANEXO A:**

### **CAD 2D - Estações de Bobines**





Des.	02/08/13	J. Pedro	Todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem a nossa permissão.			 <small>MOLDAMIRCO</small> <small>instalações mecânicas de moldes e ferramentas</small>
Visto			Des	CR-02-102-005		
Aprov.			Revisto			
Material:						
	Tole. Geral	Escala	Quant.	Acabamento	A2	
	ISO 2768-m	1:4				



## **ANEXO B:**

### **Relatório SAP de Avarias**



P50(2)/100 List of Notification Items: List of Notifications

List of Notification Items: List of Notifications

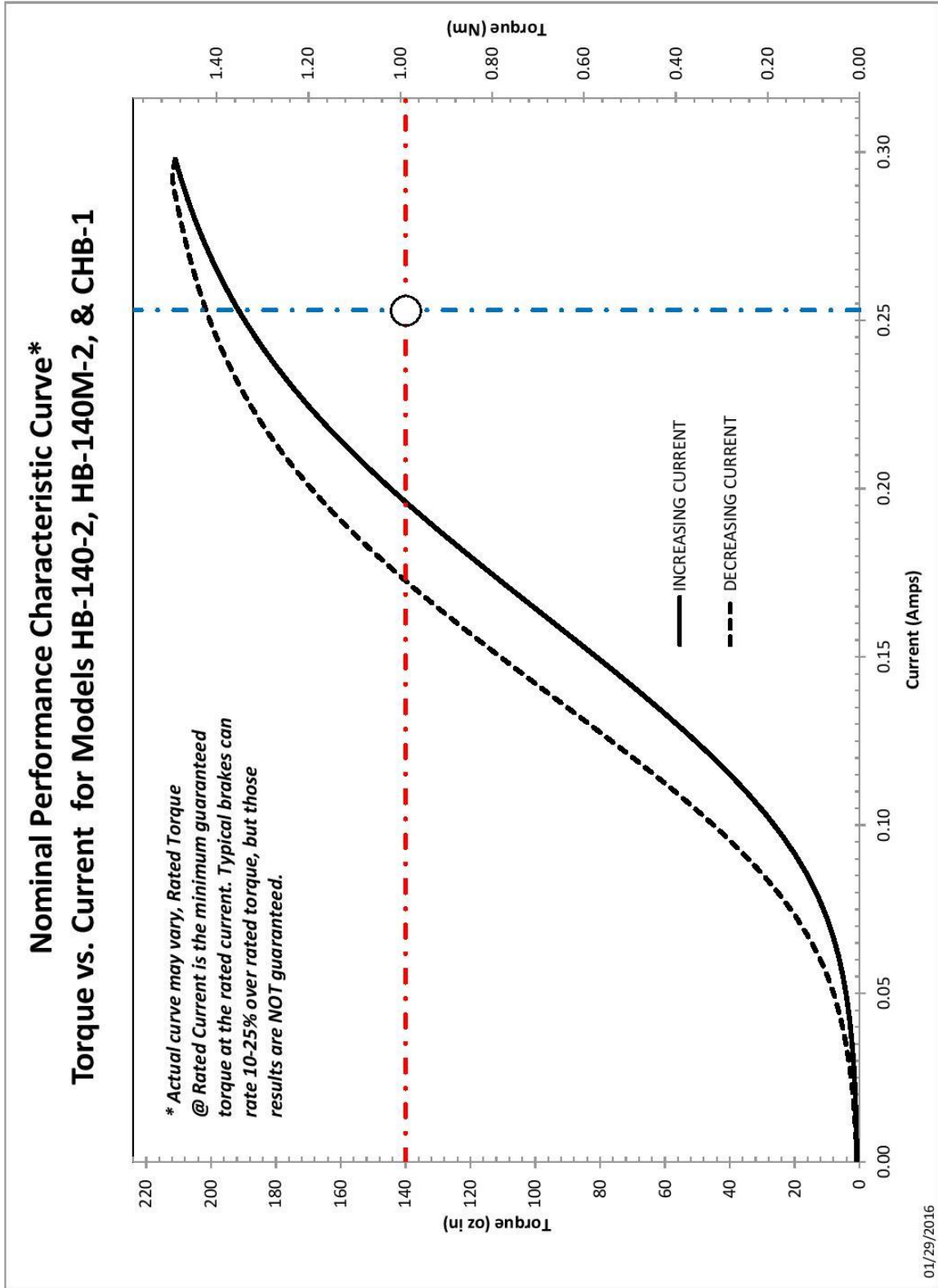
Order	Type	Description	Manf.start	Manf.End	DownTime	Object Description	Problem code text	Item text	Cause text
504434499	ZM01	CT #02	18.03.2017	19:34:38	0,00	Compensador do Acumulador	Encoder	corrigir posição do compensador	
504434825	ZM01	CT #03	20:39:00	20:54:00	0,25	Acumulador	Anda não incluído na lista	posicionar magazine	
504434369	ZM01	CT #03	16:50:57	17:40:57	0,83	Máquina de Construção	Parafuso	parafusos da garra partida	
504433828	ZM01	CT #03	12:08:57	12:08:57	0,00	Sistema de Armazenagem de ...	Encoder	corrigir posição do magazine	
504436778	ZM03	CT #01	19.03.2017	14:13:49	0,42	Máquina de Construção	Gua	RETRAI E SUBSTITUIR PARAFUSO NO	SISTEMA DE AVANÇO DA TIRA
504437057	ZM03	CT #01	18:22:31	18:32:31	0,17	Máquina de Construção	Lâmina de corte	AFINAR CORTE DO MATERIAL	
504437248	ZM03	CT #03	20:16:44	20:41:44	0,42	Lâmina de corte	Lâmina de corte	Substituir lâmina e casquilho de corte	
504435522	ZM03	CT #03	02:58:24	03:38:24	0,67	Sistema de Armazenagem de ...	Drive	falha no drive do magazin	on/off ao drive e corrigir eixo posicionar magazin
504437272	ZM01	CT #03	19:45:29	20:05:29	0,33	Drive	Drive		
504443028	ZM03	CT #01	21:09:08	21:49:08	0,67	Máquina de Construção	Lâmina de corte	substituir lâmina, contra lâmina	e parafuso de fixação da lâmina
504441301	ZM03	CT #01	10:42:24	12:12:24	1,50	PLC / IPC	PLC control software	Twincat não passa online.	Erro de "Page Fault" ... Anexo...
504441070	ZM03	CT #01	09:56:00	09:56:00	0,00	Extrusora	Fleira		Retirar parafusos molidos na fleira
504440359	ZM01	CT #02	07:14:22	07:29:00	0,24	Máquina de Construção	Rolo pressor		REAPERTAR CILINDRO ROLO CALCADOR
504441316	ZM01	CT #01	11:47:39	11:47:39	0,00	Robot	Manipulo Ajustável	substituir manipulo ajustável na garra	da cabeça do robot
504437960	ZM01	CT #01	00:39:47	01:49:47	1,17	Robot	Anda não incluído na lista	SUBSTITUIR CILINDRO ABERTURA DO TAAO	E REAPERTAR FICHA SENSOR ROBOT N2 ATRÁS
504442845	ZM03	CT #02	20:17:46	20:37:46	0,33	Sistema de Armazenagem de ...	Anda não incluído na lista	Posicionar magazine	reset ao eixo do magazin
504440840	ZM03	CT #03	08:48:06	09:18:06	0,50	Drive	Drive		
504445872	ZM03	CT #01	17:43:45	18:08:45	0,42	Máquina de Construção	Lâmina de corte	substituir lâmina e contra lâmina	
504445686	ZM03	CT #01	16:06:05	16:06:05	0,00	Lâmina de corte	Lâmina de corte		**anexo**
504445804	ZM01	CT #01	16:57:09	17:57:09	1,00	PLC / IPC	PLC control software	Wincc bloqueado	
504444426	ZM01	CT #01	08:28:06	10:08:06	1,67	Máquina de Construção	Sensor	Problemas com o fheador da tra	Anexo
504444778	ZM03	CT #02	11:23:33	11:23:33	0,00	Alimentador de Bobinas	Veio	Reparar veio de bobines	
504444743	ZM03	CT #03	09:42:03	10:12:03	0,50	Máquina de Construção	Lâmina separadora	Substituir duas lâminas separadoras e	subst acessorio pneumático da jante
504445810	ZM03	CT #03	17:42:31	18:02:31	0,33	Sensor	Sensor	Afinar sensor do cilindro do travão	da tra
504445451	ZM03	CT #03	14:15:30	14:30:30	0,25	PLC / IPC	PLC control software		CORRIGIR POSICIONAMENTO DA JANTE SYSTEM
504449788	ZM03	CT #01	19:54:28	19:54:28	0,00	Alimentação Electrica Geral	Anda não incluído na lista	APEDIDO DA PRODUCAO FOI FORCADO CALCO OK	PEDIDO DA PRODUCAO FOI FORCADO CALCO OK
504450032	ZM03	CT #03	21:56:12	22:08:12	0,20	Máquina de Construção	Lâmina separadora	substituir lâmina separadora	
504448150	ZM03	CT #01	10:10:10	10:10:10	0,00	Jante	Jante	Substituir base de fixar a jante	Avaiia resolvida na ZM05 01504448155
504446723	ZM03	CT #02	00:58:28	01:24:00	0,43	Máquina de Construção	Jante	Posicionar jante	
504446725	ZM03	CT #03	01:00:12	01:11:12	0,18	Mola	Mola	SUBSTITUIR MOJA DE MARTELO E CORTE	
504448141	ZM03	CT #03	09:54:12	10:00:00	0,10	Sensor	Sensor	subst. sensor de deteção de haste do	cilind. de seg as tras antes da jante
504445198	ZM03	CT #01	11:19:49	11:19:49	0,00	Máquina de Construção	Lâmina separadora	substituir lâmina separadora	Não há em armazem cod:80548953
504453323	ZM03	CT #01	19:02:51	19:12:51	0,17	HMI	Receta	Não insera a receita	Foi feito Restart ao IPC
504451351	ZM03	CT #02	08:22:42	08:32:42	0,17	Robot	Sensor	AJUSTAR SENSOR DE DETEÇÃO DE BRAÇO DA	
504452955	ZM03	CT #03	16:12:22	17:08:22	0,93	Robot	Robot	substituir parafusos partidos fixação do	braco do robot. Subst.tubo pneumático
504450469	ZM03	CT #03	02:26:29	02:41:29	0,25	Sistema de Armazenagem de ...	Sensor	AJUSTAR SENSOR DE DETECCAO	DA MAGAZINE 2 EM POSICAO



## **ANEXO C:**

### **Curva Comportamental de um Travão Eletromecânico**







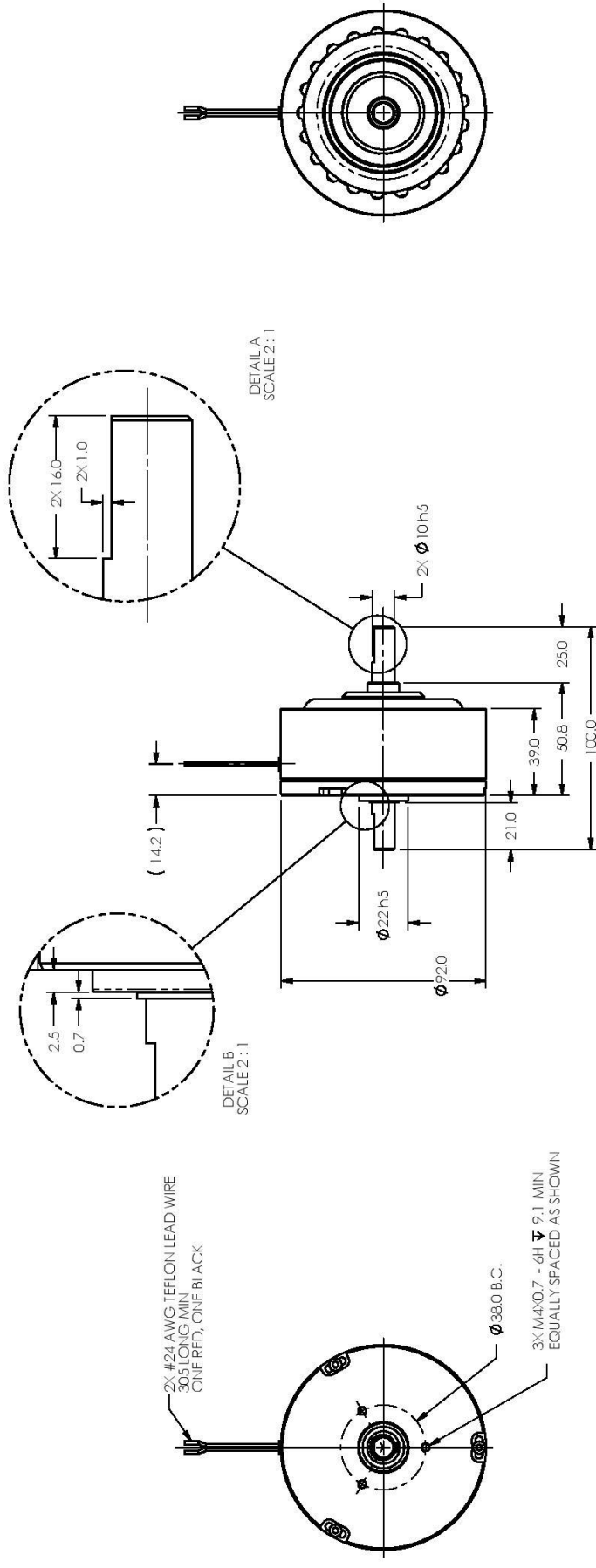
## **ANEXO D:**

### **CAD 2D Travão Eletromecânico HB140**



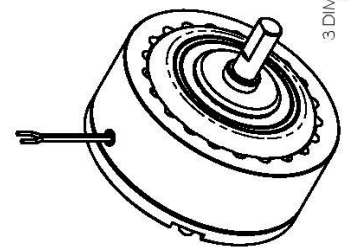
**SOLID MODEL AVAILABLE**

MODEL	COIL NUMBER (-X)	STOCK CODE	MINIMUM TORQUE AT RATED CURRENT (Nm)	RATED CURRENT (mA)	RESISTANCE $\pm 10\%$ @ 25°C (ohms)	VOLTAGE (Vdc)	NOMINAL POWER (watts)		MAXIMUM SPEED (RPM)	KINETIC POWER RATINGS (watts)		DE-ENERGIZED DRAG TORQUE @ 1000 RPM (Nm)	EXTERNAL INERTIA (kg cm <sup>2</sup> )	TORQUE TO INERTIA RATIO (rad/s <sup>2</sup> )
							5 MINUTE	CONTINUOUS		5 MINUTE	CONTINUOUS			
HB-140M-X	-1 (90 Vdc)	003601	1.0	60	1537	93	5.6	12,000	300	75	$5.42 \times 10^{-3}$	1.00	9,620	
	-2 (24 Vdc)	003602		253	95	24	6.1							
	-3 (12 Vdc)	003603		504	23.2	11.7	5.9							



**INSTALLATION DRAWING**

DESIGN	-	-	-
DRAWN	JEF	06/11/04	-
CHECKED	AJC	06/14/04	-
MATERIAL	-		
FINISH	-		
THIRD ANGLE PROJECTION			
THIS DRAWING AND SPECIFICATION CONTAINS PROPRIETARY INFORMATION. REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT WITHOUT WRITTEN AUTHORIZATION FROM MAGTROL, INC. IS EXPRESSLY PROHIBITED.			
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; DIAMETERS CONCENTRIC; 0.08 TIR; FACES PERPENDICULAR; 0.08 INTERPRETATION PER ASME Y14.5M-1994. REMOVE ALL BURRS AND BREAK SHARP EDGES TO BE 0.5 MAX. TOLERANCES: X-XX $\pm$ 0.13; X-X $\pm$ 0.25; ANG $\pm$ 1°. SURFACE FINISH 3.2 $\mu$ m MAX.		TITLE: <b>HB-140M HYSTERESIS BRAKE, METRIC</b> REGION: - DRAWING NO:	
MAGTROL INC. 70 GARDENVILLE PKWY, W. BUFFALO, NEW YORK 14224-1322		REV: <b>B</b> SCALE: <b>1:2</b> SITE: <b>B</b>	





## **ANEXO E:**

### **CAD 2D Sensor de Tensão RMGZ200**







## **ANEXO F:**

### **CAD 2D Encoder IE58A**







## **ANEXO G:**

### **CAD 2D Acoplamento**

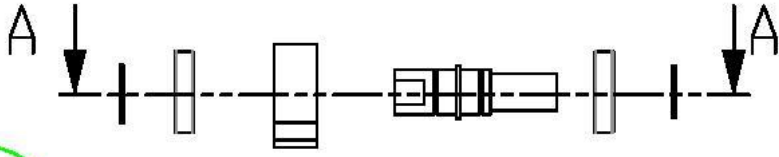
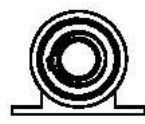


1

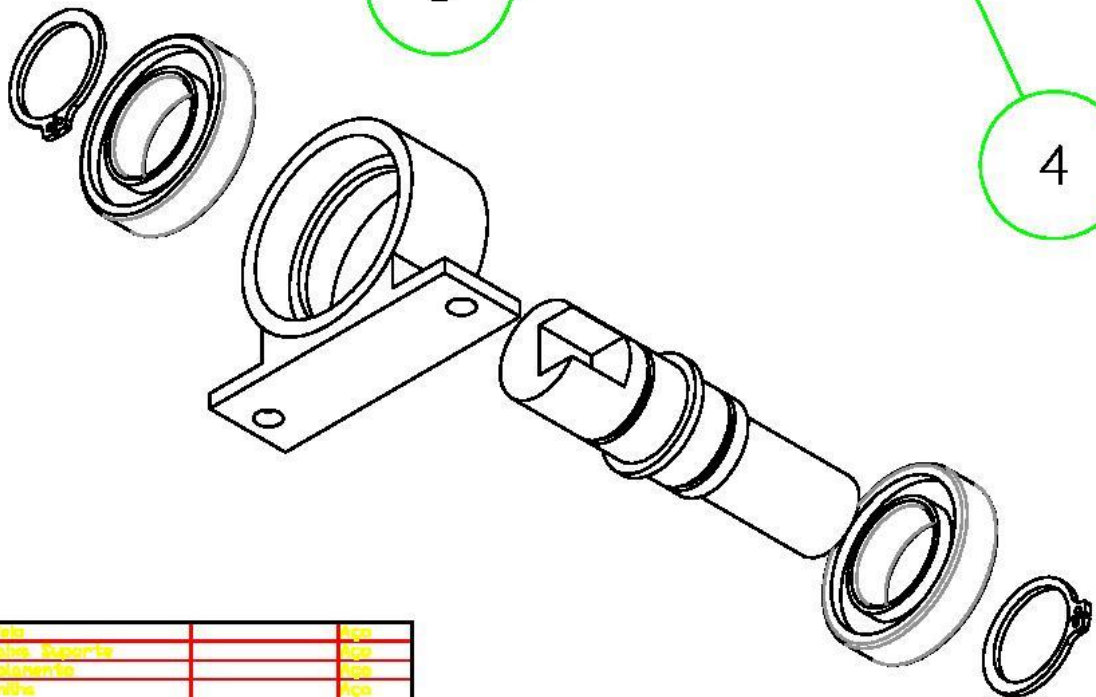
2

3

4



SECTION A-A



1	Viso		
2	Viso Superior		
3	Viso Lateral		
4	Viso Inferior		
	Descrição	Quantidade	Material

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:  
  
 DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Catarina Gomes		24.01.2018
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
B.A			

TITLE:	Acoplamento
DWG NO.	Assem2 2D
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1