

# Otimização do Sistema de Controlo e de Detecção de Emendas da Tela Têxtil nas Máquinas de Construção de Pneus

*Luís Pedro Pinto Costa*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Dr. Francisco Jorge Teixeira de Freitas

Orientador na Continental Mabor: Eng. Vitor Manuel Coelho Faria

**U. PORTO**

**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

**Especialização em Automação**

junho de 2018



## Resumo

A automação está cada vez mais presente no dia-a-dia do ser humano. A capacidade de cumprir tarefas de modo mais eficiente, com menor consumo de energia e melhores condições de segurança, levam à diminuição de custos e aumento das taxas de produção. Estes aspetos são imprescindíveis para o desenvolvimento de uma empresa, quer seja local ou multinacional.

A indústria de pneus necessita desse desenvolvimento para continuar a inovação do seu produto. O pneu precisa de gerar atrito sem comprometer a mobilidade do automóvel. É este o paradoxo que confere a máxima importância desta peça de tecnologia, na performance de um veículo. Posto isto, é necessário garantir a máxima qualidade para que, quando solicitado, não ocorram falhas que possam colocar em risco o desempenho do veículo e a segurança dos seus passageiros.

Foi com base nestes dois aspetos – aumento da eficácia do processo produtivo e garantia da qualidade final do pneu – que a Continental Mabor lançou o presente projeto. A otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil tem como objetivo reduzir o desperdício de tela têxtil, na construção de pneus que, além de ser uma questão financeira ligada aos custos de produção, tem, também, associado um impacto ambiental que é cada vez mais sensibilizada e responsabilizada em empresas com a dimensão do grupo Continental. Simultaneamente, pretende-se influenciar o método de trabalho dos construtores de pneus, no sentido do aumento da eficiência deste processo.

A solução desenvolvida no âmbito deste projeto apresentou resultados favoráveis e permitiu tirar várias conclusões, tendo sido, inclusivamente, implementada em várias máquinas de construção de pneus da empresa.

Palavras-chave:

- Produção de Pneus
- Construção do Pneu em Verde
- Tela Têxtil
- Emendas da Tela Têxtil
- Redução de Desperdício
- Melhoria da Produção

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

## Abstract

Automation is each day more and more relevant for the everyday life of human beings. The ability to perform tasks more efficiently, with less power consumption and better safety conditions, leads to lower costs and increased production rate. These aspects are essential for the development of a company, either local or multinational.

The tyre industry needs this continuous development strategy to foster the innovation of the product. A tyre needs to generate friction without compromising the mobility of the car. This is the paradox that confers the utmost importance of this piece of technology in the performance of a vehicle. That said, it is necessary to ensure the highest quality, so that, when needed, no flaws develop in its behaviour that could endanger the performance of the vehicle and the safety of passengers.

It was based on these two aspects – increasing efficiency of the production process and guaranteeing the final quality of the tyre – that Continental Mabor launched the present project. The optimization of the textile ply splice control and detection system aims to reduce textile ply wastage in tyre construction, which, in addition of being a financial issue, linked to production costs, has also associated the environmental impact, that is increasingly sensitive and held accountable in companies with the importance of Continental group. Simultaneously, it is intended to influence the production method of tyre builders, in order to increase efficiency.

The developed solution of this project has demonstrated favourable results and allowed to draw several conclusions and has even been implemented in several tyre construction machines of the plant.

### Keywords:

- Tyre Production
- Green Tyre Construction
- Textile Ply
- Textile Ply Splice
- Scrap Reduction
- Production Improvement

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

## Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor Francisco Freitas pelo apoio e orientação dada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Eng. Vitor Faria, orientador na Continental Mabor, pela ajuda, confiança, opinião e motivação transmitidas diariamente durante todo o tempo de estágio na empresa e que ajudaram no desenvolvimento da minha vida profissional.

A todo o Departamento de Engenharia 4 da Continental Mabor, nomeadamente os engenheiros Filipe Costa, Roberto Araújo, Vasco Mendes, Emídio Arcipreste, José Vilas Boas, Tiago Coelho e Joaquim Pinto, e ao meu colega de estágio João Oliveira, pelas ajudas, opiniões e, também, risadas que proporcionaram ao longo destes meses e que enriqueceram esta primeira experiência de trabalho.

Agradeço, também, aos operadores e técnicos da Continental Mabor que de forma direta ou indireta foram intervenientes neste projeto.

A todos os docentes e não-docentes que conheci durante o meu percurso académico na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Aos grandes amigos que fiz nestes últimos cinco anos, em especial ao João Sobral e Luís Miguel Silva, pelos grandes momentos passados nesta etapa e que são únicos da vida de uma pessoa.

A toda a minha família, em especial aos meus pais e irmã, que sempre deram tudo para que eu tivesse sucesso na minha vida pessoal e académica.

Por fim, à pessoa que, nos últimos cinco anos é o meu grande apoio e que sem ela não teria a mesma felicidade e autoconfiança. Muito obrigado, Mariana.

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus



# Índice de Conteúdos

1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento do Projeto .....	1
1.2 Objetivos .....	1
1.3 Grupo Continental.....	2
1.3.1 Continental Mabor – Indústria de Pneus, S.A.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação.....	4
2. Enquadramento Tecnológico .....	5
2.1 Indústria do Pneu.....	5
2.2 O Pneu.....	6
2.2.1 História do Pneu.....	6
2.2.2 Componentes do Pneu.....	7
2.3 Produção de Pneus .....	10
2.4 Tela Têxtil.....	10
2.4.1 Tipo de Construção.....	10
2.4.2 Produção de Tela Têxtil.....	12
2.4.3 Módulo de Construção de Pneus.....	14
3. Desenvolvimento do Projeto .....	17
3.1 Análise .....	17
3.2 Deteção de Emenda .....	19
3.3 Requisitos do Projeto.....	21
3.4 Soluções Analisadas.....	21
3.4.1 Solução Atual.....	22
3.4.2 Outras Soluções.....	23
4. Solução Proposta e Resultados Obtidos.....	27
4.1 Solução Proposta .....	27
4.1.1 Deteção de Emenda.....	28
4.1.2 Compensações .....	29
4.1.3 Alertas de Qualidade.....	34
4.2 Resultados Obtidos.....	36
5. Conclusões e Trabalhos Futuros .....	41
5.1 Conclusões.....	41
5.2 Trabalhos Futuros.....	42
Referências .....	45
ANEXO A: CAD 2D - Mecanismo de Deteção.....	47
ANEXO B: Procedimento de Afiinação do Mecanismo de Deteção .....	51
ANEXO C: Instrução de Trabalho para Correção de Emenda de Preparação no Fim da Tela.....	57
ANEXO D: Instrução de Trabalho para Alerta de Deteção de Limite de Emendas .....	61

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Distribuição do grupo Continental, no Mundo. [1] .....	2
Figura 1.2 - Valor anual de vendas e repartição pelas cinco divisões. [1].....	3
Figura 2.1 - Previsão do crescimento de produção de pneus, em milhões de toneladas. [4].....	5
Figura 2.2 - Maiores produtores de pneus em 2017, baseado no valor de vendas, em milhares de milhões de dólares. [6] .....	6
Figura 2.3 - Diferentes aspetos dos primeiros pneus maciços. [9] .....	6
Figura 2.4 – Distribuição dos materiais, em percentagem, de um pneu <i>ContiPremiumContact 5 205/55 R 16 91V</i> . [14] .....	7
Figura 2.5 - Vista em corte de um pneu. [14] .....	8
Figura 2.6 - Piso. [14].....	8
Figura 2.7 - <i>Cap Ply</i> . [14] .....	8
Figura 2.8 – <i>Breaker</i> . [14].....	8
Figura 2.9 - Tela. [14].....	8
Figura 2.10 - <i>Inner liner</i> . [14] .....	9
Figura 2.11 - Parede lateral. [14].....	9
Figura 2.12 - <i>Flipper</i> . [14] .....	9
Figura 2.13 - Cunha do talão. [14].....	9
Figura 2.14 - Talão. [14] .....	9
Figura 2.15 - Estrutura típica de um pneu de construção diagonal. [15] .....	11
Figura 2.16 - Estrutura típica de um pneu de construção radial. [15] .....	11
Figura 2.17 - Diferenças de comportamento de adesão ao piso, entre pneu radial e não radial, na presença de uma força lateral. [15] .....	11
Figura 2.18 - Comparação da resistência ao rolamento entre pneus de construção radial e diagonal. [17] .....	12
Figura 2.19 - Tecido têxtil usado para o fabrico de pneus. [16].....	12
Figura 2.20 - Esquema representativo do processo de calandragem da tela têxtil. [16] .....	13
Figura 2.21 - Esquema representativo do processo de corte da tela têxtil. [16].....	13
Figura 2.22 - Especificação da máquina de corte têxtil para o processo de criação de emenda de preparação. ....	14
Figura 2.23 - Esquema representativo do sistema de distribuição dos diferentes materiais, na primeira máquina do módulo de construção de pneus.....	15
Figura 2.24 - Sequência de ações para a regularização manual da distância entre emendas na carcaça. ....	16
Figura 2.25 - Exemplo de um pneu “em verde”. [17].....	16

Figura 2.26 - Máquina de construção de pneus da VMI Group, Holanda. [19].....	16
Figura 3.1 - Progressão da emenda para o caso do comprimento do segmento de tela menor que a distância entre emendas de preparação. ....	18
Figura 3.2 - Progressão da emenda para o caso do comprimento do segmento de tela maior que a distância entre emendas de preparação. ....	19
Figura 3.3 - Esquema representativo da localização do mecanismo de deteção de emenda na primeira máquina dos módulos de construção de pneus. ....	20
Figura 3.4 - Mecanismo de deteção usado nas máquinas de construção.....	22
Figura 3.5 - Sensor Turck BI4-M12-LIU-H1141. [20].....	23
Figura 3.6 - Mecanismo de deteção de emendas instalado noutras máquinas do grupo.....	24
Figura 3.7 - Sensor Sick UM12-1172271. [22] .....	24
Figura 3.8 - TriSpector1000, da Sick. [23] .....	24
Figura 3.9 - TCP 8303.ET, da Micro-Epsilon. [24].....	25
Figura 4.1 - Painel de comandos instalado nas máquinas de construção de pneus da CMIP e numeração dos botões do painel. [21].....	27
Figura 4.2 - HMI criada para a simulação do processo de deteção de emenda.....	28
Figura 4.3 - Identificação da zona crítica da deteção de emenda de preparação. ....	29
Figura 4.4 - Compensação de comprimento para o caso de emenda de preparação no fim de tela. ...	29
Figura 4.5 - Correção feita para o caso de emenda de preparação no fim de tela.....	30
Figura 4.6 - Correção feita para o caso de emenda de preparação no início de tela. ....	30
Figura 4.7 - Compensação feita para o caso de emenda de preparação no início e no fim de tela. ....	31
Figura 4.8 – Correção feita para o caso de emenda de preparação no início e no fim de tela.....	31
Figura 4.9 - Alerta para deteção de emenda de preparação na zona crítica mostrado no painel de comando da máquina de construção.....	32
Figura 4.10 - Compensação negativa.....	33
Figura 4.11 - Compensação positiva. ....	33
Figura 4.12 - Diagrama com sequência lógica para o procedimento de regularização da distância entre emendas.....	34
Figura 4.13 - Alerta de qualidade para tela com dobras mostrado no painel de comando da máquina. ....	34
Figura 4.14 - Diagrama com sequência lógica para a deteção de dobra na tela.....	35
Figura 4.15 - Alerta de qualidade para tela com mais de três emendas mostrado no painel de comando da máquina.....	35
Figura 4.16 - Diagrama com sequência lógica, para a deteção de três ou mais emendas de preparação. ....	35



Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

# 1. Introdução

Neste primeiro capítulo é feito o enquadramento do projeto, tendo como referência a indústria de pneus. De seguida, são apresentados os objetivos do trabalho e os métodos de intervenção aplicados durante o projeto. É apresentada, também, a empresa e o grupo onde se insere. No fim, é exposta a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento do Projeto

O contínuo desenvolvimento global da indústria do pneu e o alto nível de competitividade entre as empresas geram a necessidade de melhoria contínua da qualidade do produto final e da eficiência do processo de fabrico, com o menor prejuízo e desperdício possível.

Uma das maneiras mais eficazes de melhorar a produtividade passa pela identificação de fatores responsáveis por perdas de tempo, ocorrências de avarias e geração de desperdícios. Estes fatores têm impacto na parte financeira das empresas, pois geram custos paralelos à sua produção. São, também, importantes no aspeto ambiental onde, cada vez mais, as empresas com a dimensão do grupo Continental têm a responsabilidade de um melhor aproveitamento de energia e gestão de resíduos, provocados pela sua atividade.

Foi com base nestes pontos que a Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A. (CMIP) criou uma campanha interna contra o desperdício de material, chamada *Scrapattack*.

Neste projeto, em 2016, foi realizado um estudo em torno da geração de desperdício de tela têxtil na construção, onde se verificou a necessidade de intervir num dos processos que mais desperdício criava: a regularização da distância entre emendas na tela têxtil na construção da carcaça do pneu.

A introdução de sistemas automáticos de controlo, pelo qual os mecanismos verificam o seu próprio funcionamento, realizando medições e introduzindo correções sem a necessidade de ação humana, é apontado como o grande responsável pelo desenvolvimento industrial dos últimos anos.

Nesse sentido, este projeto recai sobre a otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil, implementado nas máquinas de construção de carcaças de pneus.

A supervisão e manutenção destas máquinas encontra-se sob a responsabilidade do Departamento de Engenharia 4 (DE4) da empresa.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é, como o título indica, a otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas na tela têxtil, utilizada no processo de construção da carcaça do pneu. A solução otimizada visa reduzir o volume de desperdício de tela têxtil, associado ao desfaseamento das emendas e paralelamente influenciar o método de trabalho dos construtores de pneus, no sentido do aumento da eficiência deste processo.

Sendo a Continental AG uma das principais empresas produtoras de pneus a nível mundial, e sendo a própria CMIP uma referência dentro do grupo, todo o seu trabalho prima na excelência e qualidade dada ao produto final. Desta forma, é necessário imprimir um alto nível de exigência na busca de uma melhoria contínua, para que possa ser mantida e, mesmo, aumentada a confiança dos clientes. Esta melhoria passa por analisar cada processo de fabrico implementado na empresa e reconhecer os pontos passíveis de colocar em risco os padrões de qualidade já atingidos.

Foi com base na vontade de contribuir para o melhor resultado possível que este trabalho foi enquadrado, começando por uma análise detalhada de todo o processo de construção, registando as falhas e os pontos a melhorar, para depois proceder ao estudo de possíveis soluções. Definidas as alterações a realizar, o projeto avançou para a fase de testes, com o consequente registo e estudo dos dados obtidos.

### 1.3 Grupo Continental

A Continental AG (*Aktionen Gesellschaft*) foi fundada em Hannover, na Alemanha, em 1871, dedicando-se ao fabrico de produtos de borracha flexível e pneus maciços para carruagens e bicicletas.

Em 1898, iniciou a produção de pneus de piso liso para automóveis e, a partir de então, esteve sempre ligada a esta indústria, com o estudo e aplicação de técnicas, produtos e equipamentos para as diferentes partes do automóvel, elevando a empresa a um patamar mundial.

A Continental AG esteve sempre ligada de perto ao processo de inovação da indústria de pneus. Em 1904, foi a primeira a apresentar o pneu para automóvel com um piso desenhado, com o intuito de aumentar a aderência. Um ano depois produziu pneus antiderrapantes para uso na neve e, em 1908, foi introduzido um sistema de fácil desmontagem do pneu. Mais tarde, em 1960, iniciou a produção em série de pneus radiais.

Em 2007, a Continental adquire a Siemens VDO Automotive AG e avança para os cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel, estando repartida em cinco divisões: Chassis e Segurança, *Powertrain*, Interior, Pneus e *ContiTech*.

Atualmente, o grupo Continental conta com mais de 235 mil colaboradores, distribuídos por 554 fábricas, em 61 países, como demonstrado na Figura 1.1 [1].

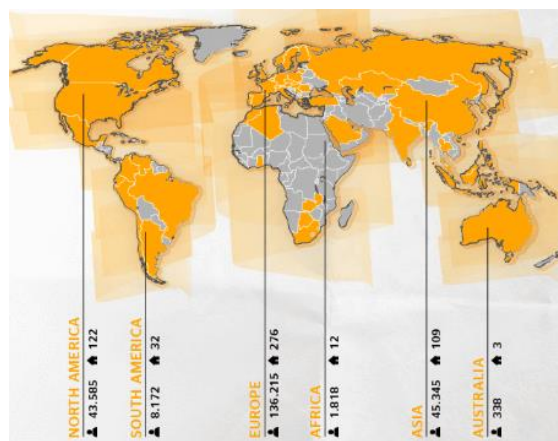


Figura 1.1 - Distribuição do grupo Continental, no Mundo [1].

O grupo, nos últimos dez anos tem registado um crescimento sustentado nos valores de vendas sendo que, em 2017, atingiu os 44 mil milhões de euros. A repartição do volume de negócio nas diferentes divisões está apresentada na Figura 1.2.



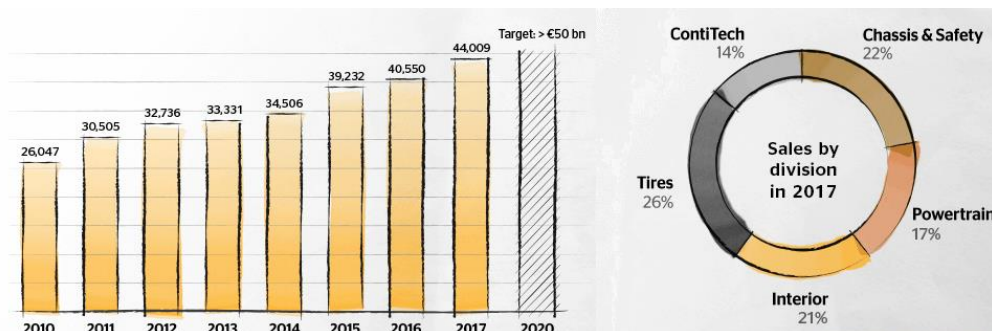


Figura 1.2 - Valor anual de vendas e repartição pelas cinco divisões [1].

### Continental Mabor – Indústria de Pneus, S.A.

A Continental Mabor – Indústria de Pneus, S.A. nasceu em 1989, com a aquisição da Mabor, empresa de nível nacional, pela Continental AG, de dimensão mundial.

A Mabor – Manufatura Nacional de Borracha, S.A. – foi a primeira fábrica de pneumáticos de Portugal. Iniciou a sua laboração em 1946, com a assistência técnica prestada pela General Tire, empresa de Ohio, EUA.

Em 1990, foi iniciado um programa de reestruturação que transformou as antigas instalações da Mabor na mais moderna das, então, 21 unidades do grupo Continental. Partindo de uma produção média diária de 5000 pneus por dia, em 1990, conseguiu quadruplicar este número, chegando aos 21000 pneus diários, em 1996 [2].

Atualmente, a produção da empresa é muito variada, quer em medidas, quer em tipos, quer em marcas, sendo que 98% se destina a exportação, tornando-a na quarta maior empresa exportadora portuguesa. Em setembro de 2017, foi inaugurada a nova unidade industrial da CMIP, sendo a aposta do grupo no regresso à produção de pneus radiais agrícolas.

Com cerca de 2000 trabalhadores, a empresa fechou o último exercício com lucros de 225,8 milhões de euros, e vendas de 830,9 milhões de euros [3].

Como em qualquer empresa, sobretudo tendo em conta a dimensão da CMIP, é necessário ter uma estrutura organizacional dividida por vários departamentos, capazes de gerir e orientar todos os seus colaboradores nos diferentes processos técnicos. Este trabalho foi desenvolvido no DE4 (Departamento de Engenharia 4), responsável pelos módulos de construção do pneu, máquinas de pintura e sistema de transporte de pneus “em verde”.

Em Portugal, existem no total cinco empresas do grupo Continental: três em Lousado e duas em Palmela. Em Lousado, existe a já referenciada Continental Mabor, Indústria de Pneus (CMIP), mas também a Continental Pneus Portugal (CPP), que se destina ao comércio de pneus, e ainda a Indústria Têxtil do Ave (ITA), que se destina à produção de artigos têxteis. Em Palmela, existem a Continental Lemmerz, que se dedica à montagem de rodas (jantes e pneus), para veículos produzidos na AutoEuropa, e a Continental Teves, produtora de sistemas de travagem para as principais marcas automóveis europeias [2].

## 1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos:

1. Este primeiro capítulo serve de introdução ao tema, onde se apresenta o enquadramento do trabalho, os objetivos pretendidos e a descrição da empresa onde todo o projeto se desenvolveu;
2. No capítulo 2, é exposto o enquadramento tecnológico, começando por uma abordagem à indústria mundial de pneus, para melhor entender o contexto global em que se insere a produção de pneus. De seguida, é apresentada uma resenha histórica em torno do pneu, desde a sua invenção até aos dias de hoje. Posteriormente, são referenciados os principais componentes de um pneu e o processo produtivo deste artigo. Finalmente, é feita a análise mais detalhada da tela têxtil como componente estrutural do pneu;
3. No terceiro capítulo, é feita uma análise detalhada do foco principal deste trabalho: a redução de desperdício de tela têxtil, associado à correção da distância entre emendas, na construção da carcaça do pneu. São, também, mencionados os requisitos para o projeto e as soluções exploradas;
4. No capítulo 4, é proposta uma solução para o sistema de deteção de emendas da tela têxtil, realizada a sua implementação e são apresentados os resultados obtidos face aos testes realizados;
5. O quinto, e último, capítulo compreende as conclusões retiradas deste trabalho, e são propostas as sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Enquadramento Tecnológico

Neste capítulo é feita uma abordagem à indústria do pneu. É apresentada uma resenha histórica relativa à evolução deste produto e são referidos os seus principais componentes. É, também, apresentado o processo construtivo do pneu, com especial interesse na função e propriedades da tela têxtil.

### 2.1 Indústria do Pneu

O pneu é uma peça fundamental na mobilidade do ser humano. São vários os meios de transporte que usam este componente, desde veículos não motorizados como bicicletas, passando pelos transportes terrestres – motas, automóveis, camiões e autocarros – até à aviação. Toda esta aplicação do pneu faz com que este setor industrial tenha um importante papel na economia mundial.

Nos últimos 20 anos foram observadas melhorias significativas na indústria de produção de pneus, estimuladas por padrões, cada vez mais exigentes por parte de consumidores, fabricantes de automóveis e governos, ao nível de regulamentações ambientais e procura de altos rendimentos [4].

O relatório “*The Future of Global Tires to 2022*” da *Smithers Rapra* [5], aponta para um crescimento anual de cerca de 3,4%, até 2022, na produção de pneus, originado pela procura e inovação do produto e contínuo investimento de capital. Estima-se que o mercado global passe de 2200 milhões de unidades, atingidas em 2017, para 2700 milhões, em 2022. Em termos de valor, é esperado um crescimento anual maior (3,7%) devido ao aumento do preço das matérias-primas. O valor de mercado de 2017, de 223 mil milhões de dólares, prevê-se que possa chegar aos 267 mil milhões em 2022.

Esta previsão aponta, também, para que, em 2022, se ultrapassem 20 milhões de toneladas de pneus produzidos, como mostra a Figura 2.1.

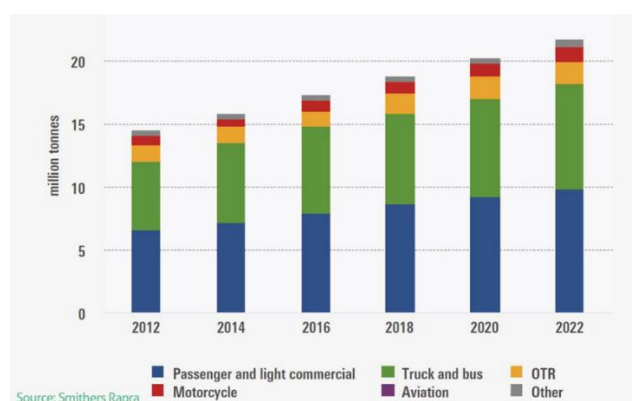


Figura 2.1 - Previsão do crescimento de produção de pneus, em milhões de toneladas [4].

Este relatório aponta o aumento de confiança nas tecnologias de automação como o principal fator para esta ampliação de produção. A introdução de processos automáticos e de autómatos para o controlo dessas tarefas serão fundamentais no desenvolvimento das cinco áreas do fabrico de pneus – misturação, preparação, construção, vulcanização e inspeção final – sendo um passo dado para a tão aclamada “Indústria 4.0”.

Quanto às principais marcas produtoras de pneus, os cinco primeiros lugares relativamente ao valor das vendas mantiveram-se inalterados nos últimos cinco anos, com a exceção da italiana Pirelli que perdeu o seu posto para a Sumitomo Rubber Industries, do Japão. O gráfico da Figura 2.2 demonstra a ordem deste “Top 5”, relativamente ao valor de vendas de pneus, em mil milhões de dólares, no ano de 2017 [6].

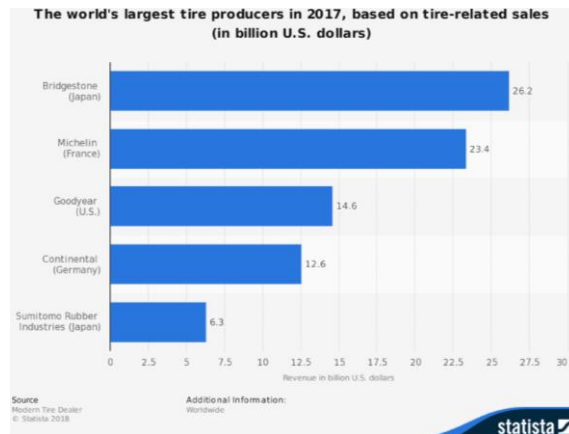


Figura 2.2 - Maiores produtores de pneus em 2017, baseado no valor de vendas, em milhares de milhões de dólares [6].

De salientar que estes valores são apenas relativos à venda de pneus. Como foi possível observar na Figura 1.2, apenas 26% do valor das vendas da Continental, são relativas ao sector dos pneus, ao passo que as restantes marcas da lista se dedicam, quase exclusivamente, à produção e venda deste artigo [7].

## 2.2 O Pneu

### 2.2.1 História do Pneu

O pneu tem, na sua origem, uma das maiores invenções da história da Humanidade – a roda. Desde 3200 A.C. que o Homem tem desenvolvido esta peça de tecnologia com o objetivo de tornar o transporte de produtos mais simples e rápido [8].

Em meados do século XIX, foram realizadas as primeiras tentativas para a criação de um pneu, sendo a borracha o material escolhido para conferir maior aderência e elasticidade à roda. Os primeiros pneus ficaram conhecidos como pneus maciços, pois eram constituídos exclusivamente por uma camada de borracha, Figura 2.3, usada para absorver os choques, e aumentar a resistência à abrasão, a que a roda era sujeita [9].

Em 1888, cerca de 40 anos após a ideia pioneira de R. W. Thomson em aproveitar a impermeabilidade ao ar da borracha na criação do primeiro pneumático, é que o conceito voltou a ser retomado por John Boyd Dunlop, que criou a patente de um tubo feito de borracha, tecido ou qualquer tipo de material que pudesse conter ar pressurizado e aplicado numa roda através de métodos adequados.

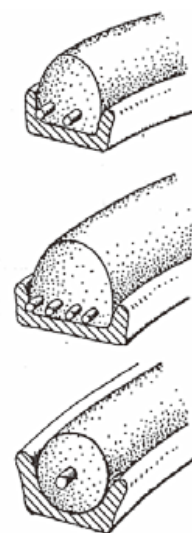


Figura 2.3 - Diferentes aspetos dos primeiros pneus maciços [9].

Em 1895, os irmãos Michelin, André e Édouard, foram os primeiros a aplicar pneumáticos num automóvel. Os dois irmãos participaram na famosa corrida Paris-Bordéus-Paris e, a partir deste evento, os pneumáticos avançaram no mercado automóvel, levando ao aparecimento de várias empresas produtoras. A Michelin, fundada em 1889, em França, era uma das principais referências na Europa enquanto que a Goodyear, em 1898, e Firestone, em 1900, se tornavam as principais empresas no mercado norte-americano [11, 12].

Em 1904, a Continental é a primeira a produzir pneus com pisos padronizados com reentrâncias, como medida de antiderrapagem [1].

Nos cinquenta anos seguintes, os pneus para automóveis eram fabricados a partir de uma lona de borracha que continha o ar pressurizado, envolvida por várias camadas de telas, feitas a partir de fios de tecido e borracha. Estes pneus eram de construção do tipo diagonal.

Em 1946, a Michelin criou e patenteou o pneu do tipo de construção radial. Estes pneus apresentavam vantagens face aos de construção diagonal ao nível da resistência do piso ao desgaste, da manobrabilidade do veículo ao curvar e da resistência ao rolamento, que conduz a consumos de combustível mais baixos [10].

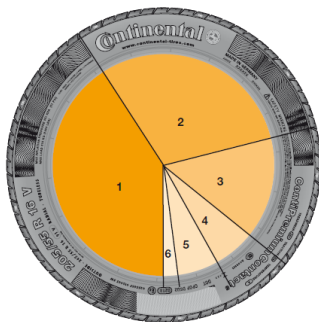
Em cerca de 20 anos, os pneus de construção radial tornaram-se um produto padrão nos carros fabricados nesta época. Empresas como Michelin, em França; Bridgestone, no Japão; Pirelli, em Itália; e Continental, na Alemanha, tornaram-se grandes referências no mercado automóvel mundial. Porém, foi só em 1973 que nos Estados Unidos da América, devido à crise do petróleo, a indústria automóvel doméstica investiu seriamente para poder equipar e produzir automóveis com este tipo de pneus [12].

No presente, praticamente todos os pneus são de construção radial, embora os de construção diagonal sejam muito utilizados em veículos agrícolas e de mercadorias [13].

### 2.2.2 Componentes do Pneu

O pneu atual é mais do que um produto fabricado em borracha, é uma estrutura complexa, composta por diversos materiais. A sua constituição, quer em ingredientes, quer em quantidades, varia consoante o tamanho e o tipo de pneu.

Para se perceberem os materiais, e a sua percentagem, usados no fabrico de um pneu, é demonstrado de seguida uma análise ao pneu para veículos ligeiros *205/55 R 16 91V ContiPremiumContact 5*, representado na Figura 2.4 [14].



1. Borracha (natural e sintética) – 41%
2. Enchimentos (carbono, sílica, cal, etc.) – 30%
3. Materiais de reforço (aço, poliéster, rayon, nylon) – 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 2.4 – Distribuição dos materiais, em percentagem, de um pneu *ContiPremiumContact 5 205/55 R 16 91V* [14].

Estes materiais estão distribuídos pelos vários componentes de um pneu, sendo estes produzidos com elevado rigor, para que possam ser atingidas as propriedades e qualidade desejadas.

De seguida, encontram-se listados os principais componentes de um pneu, numerados de acordo com a legenda da Figura 2.5.



Figura 2.5 - Vista em corte de um pneu [14].

### 1. Piso

O piso é o elemento que entra em contacto direto com o solo. O seu aspeto pode variar consoante o tipo de pneu. No entanto, a sua função é a mesma: garantir uma boa aderência e proporcionar um grau de tração adequado ao tipo de solo. Deve, também, oferecer uma boa resistência ao desgaste, bom escoamento de água, baixa resistência ao rolamento e baixo nível de ruído.

É constituído por uma mistura de borracha natural e sintética e está dividido em três partes: *Cap*, *Base* e *Shoulder*, como demonstra a Figura 2.6 [14].

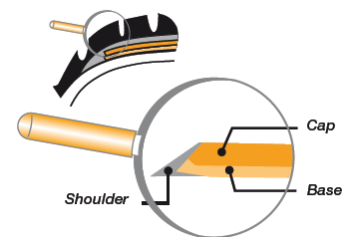


Figura 2.6 - Piso [14].

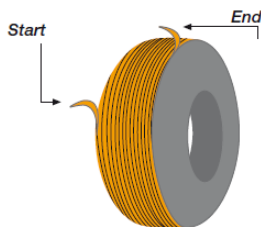


Figura 2.7 - *Cap Ply* [14].

### 2. *Cap Ply*

O *cap ply*, Figura 2.7, é uma tira de nylon revestido a borracha, que é enrolada por cima das telas. Têm a principal função de fortalecer e apertar toda a estrutura e garantir a adequação do pneu a elevadas velocidades [14].

### 3. *Breaker*

O *breaker*, ou tela metálica, Figura 2.8, é feito a partir de arame de aço de alta resistência revestido a borracha. É aplicado para reforçar a estrutura do pneu e manter o piso achatado na estrada, de modo a proporcionar o melhor contacto possível. Reduz a resistência ao rolamento e aumenta a resistência ao desgaste e choques a que o pneu é sujeito [15].

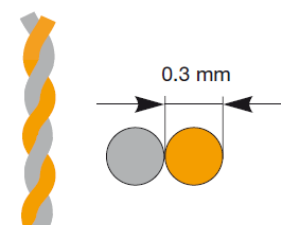


Figura 2.8 - *Breaker* [14].



Figura 2.9 - Tela [14].

### 4. Tela

Normalmente, em pneus para veículos ligeiros, é usada apenas uma tela, Figura 2.9, mas em certos casos podem ser aplicadas duas. A sua função é de resistir mecanicamente à pressão do enchimento do pneu, às cargas a que este é solicitado e aos impactos recebidos na parede lateral. A tela é feita a partir de tecido têxtil – nylon, rayon ou poliéster – revestido a borracha [16].

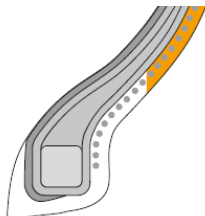


## 5. Inner Liner

O *inner liner*, ou camada interna, Figura 2.10, é responsável pela impermeabilidade do pneu aos gases, nomeadamente ar e azoto. É um elemento característico dos pneus sem câmara de ar (*tubeless tyre*). É fabricado a partir de borracha butílica halogenada [14].



Figura 2.10 - *Inner liner* [14].



## 6. Parede lateral

A parede lateral, Figura 2.11, ajuda na estabilidade lateral do pneu e na proteção às telas. É feita a partir de borracha natural, e pode conter outros componentes que ajudem a aumentar a estabilidade [15].

Figura 2.11 - Parede lateral [14].

## 7. Flipper

Fabricado a partir de nylon e aramida revestidos a borracha. Fornece estabilidade direcional e proporciona boa precisão à mudança de direção. O *flipper* é demonstrado na Figura 2.12 [14].

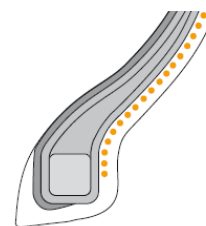


Figura 2.12 - *Flipper* [14].

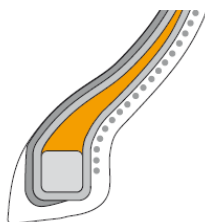


Figura 2.13 - Cunha do talão [14].

## 8. Cunha do talão

Cunha, ou enchimento, do talão, Figura 2.13, é constituída por borracha sintética e destina-se a preencher o espaço existente entre a parte superior do talão e as telas do pneu. Embora pareça um componente de menor importância, tem um papel importante na condução e no conforto [16].

## 9. Talão

O talão, Figura 2.14, é fabricado a partir de arames de aço revestidos a borracha. Permite a adaptação e fixação do pneu à jante e suporta toda a carga que lhe é aplicada [15].

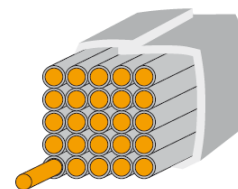


Figura 2.14 - Talão [14].

## 2.3 Produção de Pneus

O fabrico de um pneu é um processo com várias partições que vai desde a receção das matérias-primas necessárias à produção dos componentes, passando pela construção do pneu, vulcanização e, por fim, pelo controlo de qualidade.

De seguida, é apresentada a divisão dos processos de fabrico do pneu.

- Misturação – é o início do processo produtivo, onde são misturados todos os compostos – borracha natural e sintética, pigmentos, óleo mineral, sílica, negro de fumo, etc. – para que o composto possa passar à fase seguinte.
- Preparação – fase em que são fabricados todos os componentes do pneu – talões, pisos, telas, metálica e têxtil, paredes do pneu, etc. Extrusoras, calandras e máquinas de corte são responsáveis pela preparação destes materiais, que seguem depois para a área de construção.
- Construção – todos os componentes produzidos nas etapas anteriores são aqui montados. São utilizadas as máquinas de construção que constroem a carcaça do pneu e, posteriormente, dão origem ao pneu “em verde”.
- Vulcanização – fase em que o pneu “em verde” é submetido a elevadas temperaturas, nas prensas, onde os moldes dão o aspeto final ao pneu, atribuindo características elásticas à borracha.
- Inspeção final – aqui são feitas as verificações para garantir todos os requisitos de qualidade do pneu. Depois desta fase os pneus seguem para o armazém de produto acabado [13].

## 2.4 Tela Têxtil

A resistência de um pneu é, muitas vezes, caracterizada pelo número de telas na carcaça. Na construção de pneus para veículos ligeiros são, normalmente, aplicadas uma ou duas telas. Para termo de comparação, um pneu de avião comercial é feito com mais de trinta telas.

A função da tela têxtil é suportar a tensão gerada pela pressão do ar, no interior do pneu, e resistir mecanicamente às cargas que lhe são aplicadas. Tem, também, um papel importante na conservação da forma do pneu e da sua impermeabilidade ao ar.

Abaixo, é descrito o tipo de construção de pneu, associado à disposição das telas bem como o processo de produção destas.

### 2.4.1 Tipo de Construção

Como foi mencionado na resenha histórica do pneu, existem dois principais tipos de pneus relativamente à sua construção: os pneus de construção diagonal, ou *bias ply*, e os pneus de construção radial.

Desde os primeiros pneumáticos que se utiliza a construção do tipo diagonal. Neste caso, as telas são dispostas com um ângulo de cerca de 30° face à linha média do pneu, e sobrepostas, alternadamente, com as cordas posicionadas em direções opostas, como mostra a Figura 2.15.

Os extremos das telas são depois enrolados nos talões, que vão prender toda a estrutura do pneu à jante.



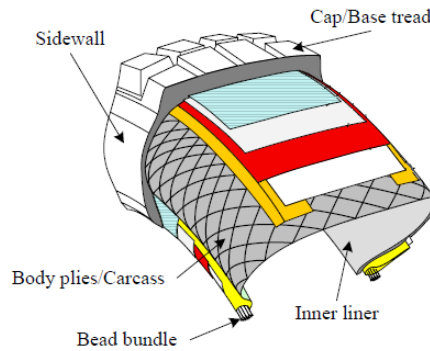


Figura 2.15 - Estrutura típica de um pneu de construção diagonal [15].

Em 1946, a Michelin criou e patenteou, o pneu do tipo de construção radial. Nestes pneus, as telas são sobrepostas, com as suas cordas dispostas paralelamente e com um ângulo reto, relativamente à linha média do pneu. Este arranjo torna o pneu mais flexível radialmente, o que reduz a resistência ao rolamento e melhora a precisão da condução [10].

A estrutura de um pneu radial vem demonstrada na Figura 2.16.

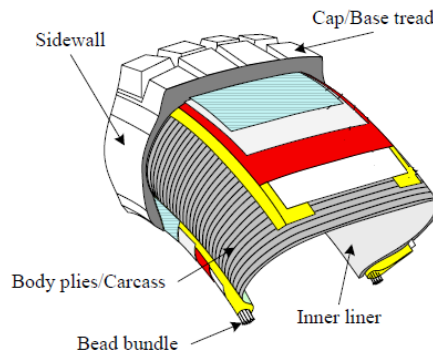


Figura 2.16 - Estrutura típica de um pneu de construção radial [15].

A principal diferença entre estes dois tipos de construções está no comportamento de adesão do pneu ao solo quando sujeito a uma força lateral. Enquanto o pneu radial deforma mais na zona da parede lateral, permitindo que o piso se mantenha em contacto com a estrada, o pneu de construção diagonal deforma tanto na parede lateral como no piso, o que resulta numa redução da área de contacto. Esta diferença de comportamento é possível de observar na Figura 2.17.

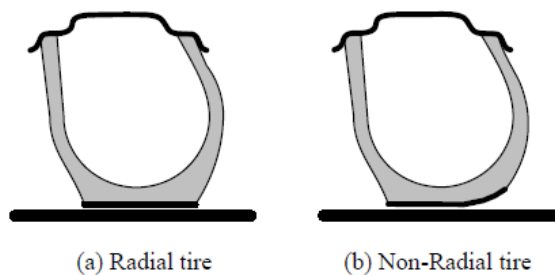


Figura 2.17 - Diferenças de comportamento de adesão ao piso, entre pneu radial e não radial, na presença de uma força lateral [15].

A estrutura do pneu não radial permite que este aja como um só, ou seja, quando sujeito a uma carga lateral, tanto a parede lateral como o piso se deformam. Esta deformação afeta a adesão e reduz a tração do pneu, o que leva a uma menor eficiência na manobrabilidade.

A configuração do pneu radial, pelo contrário, possibilita uma ação independente da parede lateral e do piso, permitindo que este último esteja sempre em contacto com o solo e obtenha melhores resultados na manobrabilidade e desgaste do pneu [15].

Os dois tipos de construção também apresentam diferenças ao nível do coeficiente de resistência ao rolamento. Esta característica é influenciada pelo grau de deformação do pneu. Ora, como os pneus radiais têm um índice muito baixo de deformação, a resistência ao rolamento também será mais baixa, como se pode verificar no gráfico da Figura 2.18.

Esta diminuição do coeficiente de resistência ao rolamento é retratada numa redução do consumo de combustível, representando uma grande vantagem face aos pneus de construção diagonal [9].

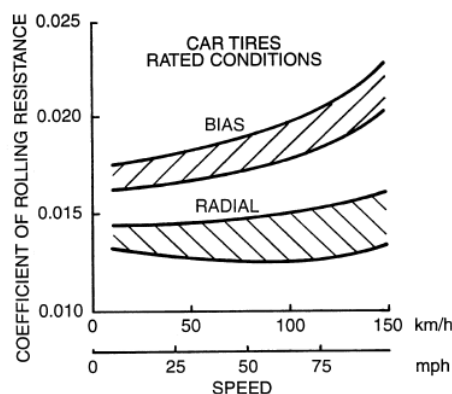


Figura 2.18 - Comparação da resistência ao rolamento entre pneus de construção radial e diagonal. [17]

No entanto, pelo facto de serem mais rígidos, os pneus radiais absorvem menos impactos, o que torna os veículos mais desconfortáveis.

Atualmente, o tipo de construção radial é o mais usado, embora ainda se use a configuração diagonal em alguns casos, como por exemplo, nos pneus para veículos agrícolas e de mercadorias [13].

#### 2.4.2 Produção de Tela Têxtil

A preparação das telas utilizadas no fabrico do pneu é executada por um processo de conformação de materiais, denominado “calandragem”. Este processo envolve o uso de cilindros, que rodam em direções opostas entre si e que moldam o material que passa entre eles, formando um filme de espessura constante. Podem ser calandrados diferentes tipos de materiais, como polímeros e metais, para produzir filmes planos, chapas ou laminados. As principais vantagens deste processo são a obtenção de materiais com bom acabamento superficial e espessura constante, dada pelo espaçamento entre os cilindros da calandra.

A tela têxtil é formada a partir de cordas de fibra têxtil, habitualmente de rayon ou poliéster. Estas são, depois, unidas num tear, formando o tecido têxtil demonstrado na Figura 2.19.



Figura 2.19 - Tecido têxtil usado para o fabrico de pneus [16].

De seguida, este tecido é envolto em borracha e calandrado, formando a tela têxtil.

Todo este processo está esquematizado na Figura 2.20 [16].

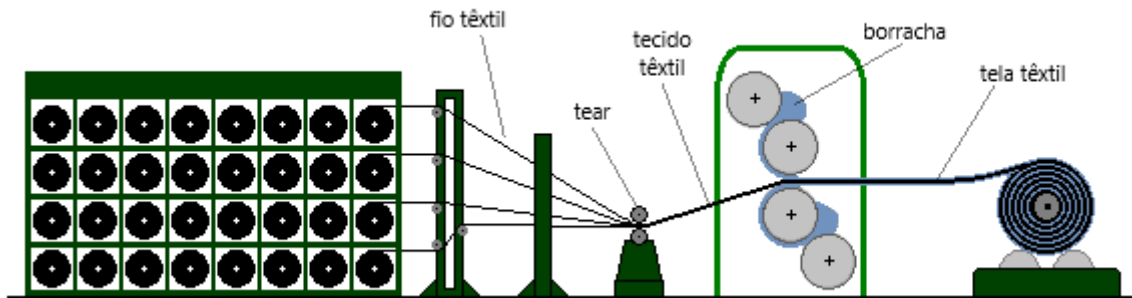


Figura 2.20 - Esquema representativo do processo de calandragem da tela têxtil [16].

A tela têxtil apresenta diferentes espessuras, que variam entre 1 mm e 2 mm, consoante o tipo de corda têxtil utilizado. O tipo e dimensão da corda têxtil influencia as propriedades e qualidade final do pneu.

Na CMIP, os rolos da calandra apenas permitem fabricar tela têxtil de largura máxima até 1500 mm. Depois de calandrada, a tela têxtil é enrolada em cassetes que são, depois, entregues ao processo de corte.

As cordas, após a calandragem, estão dispostas longitudinalmente ao longo da tela. No entanto, é necessário dispô-las na transversal para que a tela possa ser utilizada na construção do pneu. Para isso, no processo de corte, a cassete é desbobinada e a tela é cortada com largura previamente imposta pela dimensão do pneu a que dará origem.

Estas frações de tela de 1500 mm de comprimento são, depois, unidas através da sobreposição de algumas cordas, originando a emenda de preparação.

O processo de corte da tela, e subsequente criação da emenda de preparação, é demonstrado na Figura 2.21.

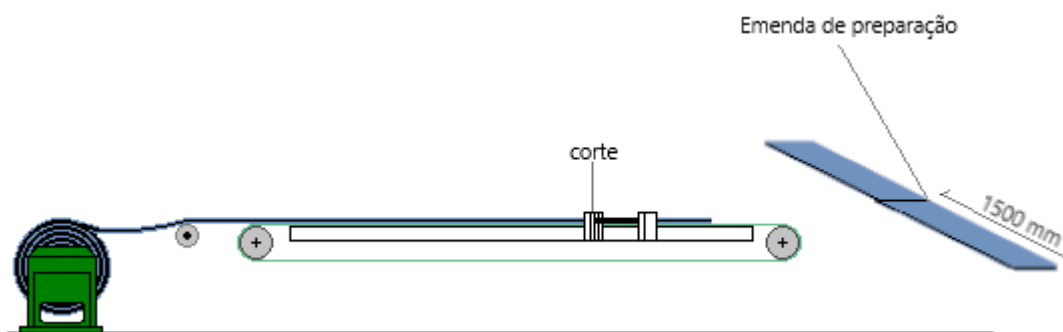


Figura 2.21 - Esquema representativo do processo de corte da tela têxtil [16].

Por especificação do departamento de processo de fabrico, a emenda de preparação é feita com uma sobreposição de cerca de 4 mm de tela, como indicado na Figura 2.22.

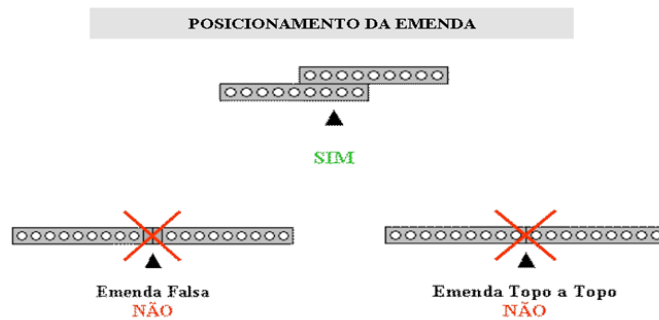


Figura 2.22 - Especificação da máquina de corte têxtil para o processo de criação de emenda de preparação.

Esta indicação do posicionamento da emenda é importante na prevenção de defeitos.

Sendo uma sobreposição feita por defeito, é provável que a emenda abra aquando da vulcanização, sendo depois detetada somente nas máquinas de inspeção de geometria, e aí o pneu é retirado da linha de produção. Porém, há o risco de a tela não abrir e, em serviço ao longo do tempo, perca força de coesão e acabe por ceder.

No caso de sobreposição por excesso de tela, existe um excesso de material, que é inestético e provoca incongruências no balanceamento dinâmico do pneu.

As emendas estão normalmente espaçadas da mesma distância da largura do rolo de tela calandrada, 1500 mm. No entanto, por vezes, existe a necessidade de, por defeitos na tela, serem retirados os extremos de tecido e, com isto, diminuir o espaçamento entre emendas de preparação.

Depois de cortada e emendada, a tela é enrolada numa cassete e enviada para a respetiva estação de desenrolamento na primeira máquina do módulo de construção de pneus.

### 2.4.3 Módulo de Construção de Pneus

O pneu “em verde” é construído nas chamadas máquinas de construção. Estas podem ser do tipo manual, semiautomáticas ou completamente automáticas, não requerendo qualquer tipo de intervenção por parte do operador.

Esta operação pode ser efetuada num só estágio, ou em dois, dependendo das máquinas utilizadas. Para este caso, é descrito o processo para a operação em dois estágios, realizado em duas máquinas separadas que, no seu conjunto, formam o módulo de construção de pneus.

O primeiro estágio diz respeito à formação da carcaça do pneu e o segundo à formação do pneu “em verde”.

Este tipo de máquinas tem, normalmente, implementado um sistema de distribuição de componentes automático. Os diferentes materiais são fornecidos às respetivas estações de desenrolamento em cassetes e vão, de acordo com a ordem de construção, avançando até ao tambor através das passadeiras de alimentação.

Quando é atingido o comprimento de material necessário para a construção do pneu, as lâminas atuam, dando origem a um segmento que será, de acordo com a ordem da construção da carcaça, enrolado no tambor da máquina.

Na Figura 2.23 é possível identificar a estação de desenrolamento, as passadeiras de alimentação e as lâminas de corte dos diferentes materiais utilizados na construção da carcaça do pneu, em particular da 1ª tela têxtil, na primeira máquina do módulo de construção de pneus.

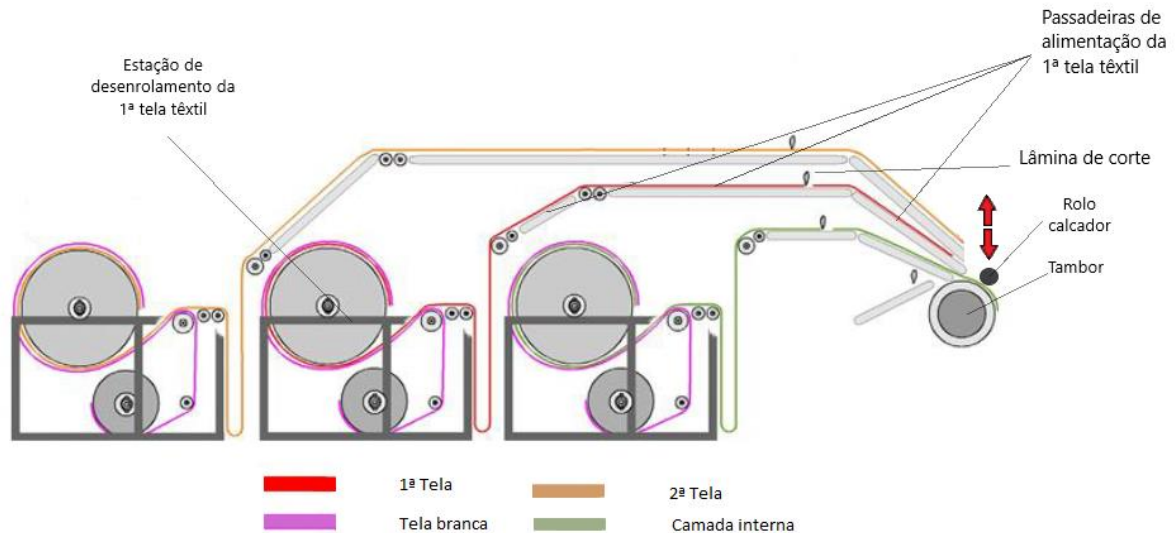


Figura 2.23 - Esquema representativo do sistema de distribuição dos diferentes materiais, na primeira máquina do módulo de construção de pneus.

De seguida, são descritas as fases da operação de construção do pneu.

Para tal, são fornecidos à primeira máquina, os componentes da carcaça do pneu: o talão, a camada interna (ou *inner linner*), a tela têxtil e as paredes laterais.

No início, os talões são aplicados no respetivo suporte, normalmente, ao lado do tambor. A camada interna é enrolada em torno do tambor, sendo que os extremos da camada devem ser controlados e cuidadosamente unidos.

Sobre o tambor incide um rolo calcador que faz uma pequena pressão sobre os materiais que são enrolados (camada interna, telas e paredes laterais), de modo a que não se formem rugas ou bolhas de ar na carcaça do pneu.

De seguida, é enrolada a 1ª tela têxtil, por cima da camada interna onde, mais uma vez, deve ser controlada a união dos extremos e, só depois, continuar o processo.

Aqui os operadores unem o início e o fim desse segmento, fazendo uma junção, usando as mesmas especificações da sobreposição de tela para o processo de corte, criando uma “emenda de construção”.

Por especificação, é requerido que as emendas, “de preparação” e “de construção”, não fiquem desfasadas de uma distância entre si inferior a 80 mm, na carcaça do pneu. Esta imposição serve para conferir uma maior qualidade e uniformidade ao pneu e, simultaneamente, evitar possíveis defeitos que possam surgir durante a construção e posterior utilização do pneu, nomeadamente, devido a má distribuição de cordas, abertura de emendas e aparecimento de relevos, que afetem as forças radiais e o balanceamento dinâmico do pneu.

Para garantir este desfasamento os operadores necessitam de fazer, com alguma frequência e manualmente, as devidas “correções”. Para isso, quando a distância entre emendas não é cumprida, o operador terá de retirar uma tira de tela e fazer um “excerto”, de maneira a que as distâncias sejam “regularizadas”, como demonstrado na sequência de imagens da Figura 2.24.





Figura 2.24 - Sequência de ações para a regularização manual da distância entre emendas na carcaça.

Ora, seguindo este exemplo, para ser feita a regularização do desfasamento entre emendas, significa que o operador terá de criar um espaço de, no mínimo, 80 mm para poder fazer o excerto. Isto significa que, pelo menos, 80 mm de tela serão desperdiçados sempre que se proceda a este tipo de correções.

Pode ser utilizada uma 2ª tela têxtil na formação do pneu, dependendo do tipo, do método de produção, do fabricante, e das especificações do cliente. O procedimento para a construção da carcaça e as especificações relativas à disposição das emendas são as mesmas da 1ª tela.

Posteriormente, o tambor expande e os talões são instalados automaticamente, com o auxílio de aplicadores. As extremidades da tela são, então, viradas para o interior da carcaça, e servem de reforço ao talão. As paredes laterais são, depois, colocadas automaticamente e calcadas para dentro, de modo a formar um talão lateral uniforme. Por fim, o tambor recolhe, deixando a carcaça solta, para ser encaminhada até ao segundo estágio de construção de pneus.



Figura 2.25 - Exemplo de um pneu “em verde” [17].

Nesta segunda máquina, a carcaça é expandida e adicionada ao conjunto piso – *breaker* – *cap ply*.

No fim do ciclo de construção é obtido o pneu “em verde”, Figura 2.25, que será, depois, encaminhado para o processo de vulcanização [18].

Na Figura 2.26, é apresentada uma máquina de construção de pneus da empresa VMI Group.



Figura 2.26 - Máquina de construção de pneus da VMI Group, Holanda [19].

## 3. Desenvolvimento do Projeto

Na etapa de desenvolvimento do projeto é feita a análise prévia ao funcionamento do processo. São, também, descritos os requisitos para este trabalho e apresentadas as soluções analisadas para possível implementação.

### 3.1 Análise

Tendo a tela têxtil um peso bastante significativo no custo de produção do pneu, é importante a gestão e o controlo do seu desperdício ao longo de todo o processo produtivo.

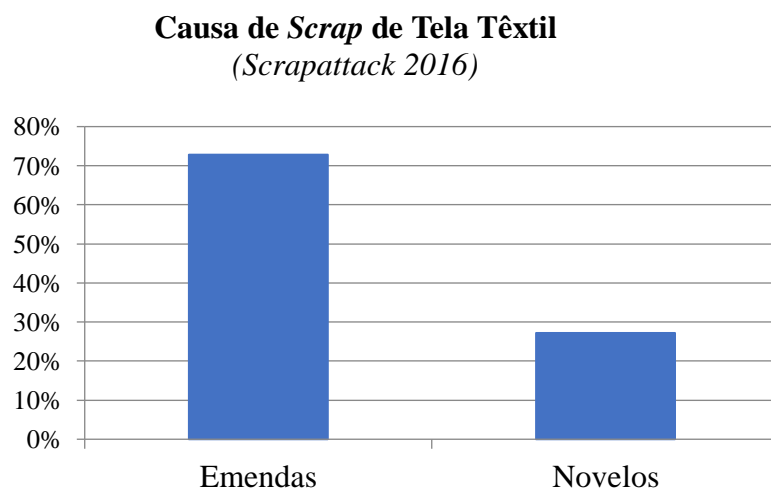
Como foi referido anteriormente, em 2016 foi iniciado um projeto com o objetivo de diminuir a geração de desperdício de tela têxtil na construção do pneu “em verde”.

Através desse estudo, foi possível verificar que a origem deste desaproveitamento está dividida em duas fontes:

- “Emendas”, originadas pela regularização da distância entre as emendas de preparação e de construção, e
- “Novelos”, pedaços de tela têxtil defeituosos ou danificados.

Pelos dados obtidos foi possível expor que, como é possível observar no Gráfico 3.1, cerca de 73% da tela desperdiçada tem como causa as “Emendas”, pelo que é importante intervir neste aspeto.

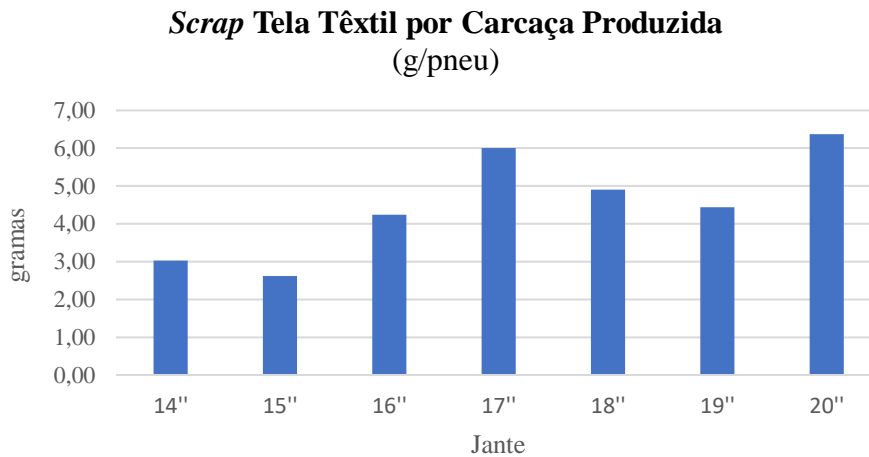
Gráfico 3.1 - Causa de *scrap* de tela têxtil, na construção.



Tendo sido disponibilizado o acesso aos dados do *Scrapattack*, foi possível fazer um estudo prévio das medições de peso de tela têxtil desperdiçada, realizadas em todos os módulos de construção de pneus, durante o mês de fevereiro de 2016. Este estudo permitiu a retenção de uma avaliação geral da quantidade de *scrap* gerado a partir da regularização da distância entre emendas.

Neste relatório foi, também, possível obter o cálculo relativo à quantidade média de tela desperdiçada, em gramas, por carcaça de pneu produzida. Estes valores foram agrupados por tamanho de jante do pneu, em polegadas, e podem ser observados no Gráfico 3.2.

Gráfico 3.2 - Scrap de tela têxtil, em gramas, por carcaça produzida.



Tendo a CMIP uma produção diária na ordem das seis dezenas de milhar de pneus é simples perceber que o desperdício, em gramas, associado a cada pneu produzido, facilmente chegue às dezenas de quilogramas no final de um dia de produção. Com isto, compreende-se a necessidade da empresa em intervir nesta situação, uma vez que afeta os objetivos para a redução de desperdício e, conseqüente, redução do custo de produção.

A partir deste gráfico é possível verificar uma variação de valores, para diferentes tamanhos de jante. Ora, para perceber a razão desta alternância foi feita uma simulação com o comprimento do segmento de tela, associado ao tamanho de jante utilizado para a construção da carcaça, no sentido de perceber a progressão da posição da emenda de preparação ao longo do fabrico de pneus.

Esta progressão é dada pela razão entre o comprimento do segmento de tela e a distância entre emendas de preparação. Sendo assim, quando o segmento de tela é menor que a distância entre emendas, a emenda de construção (associada ao corte do segmento de tela) irá afastar-se da emenda de preparação seguinte, em cada nova carcaça construída, Figura 3.1. Por outro lado, quando o segmento de tela é maior que a distância entre emendas de preparação, então a emenda de construção ir-se-á aproximando da emenda de preparação seguinte, Figura 3.2.

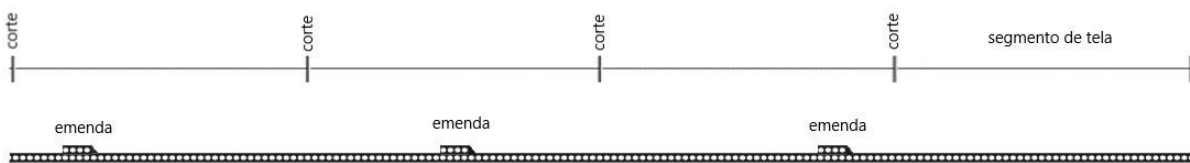


Figura 3.1 - Progressão da emenda para o caso do comprimento do segmento de tela menor que a distância entre emendas de preparação.



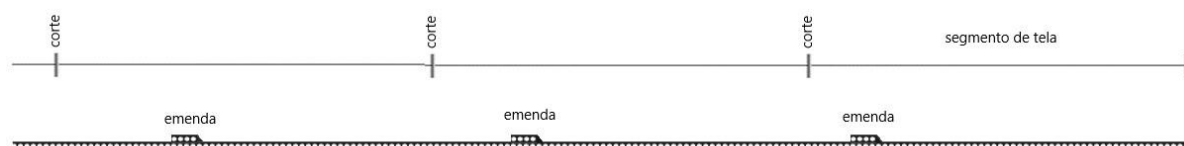


Figura 3.2 - Progressão da emenda para o caso do comprimento do segmento de tela maior que a distância entre emendas de preparação.

Sabendo o sentido da progressão da emenda de preparação ao longo da fabricação de carcaças, é importante quantificar esta progressão para que seja possível estimar com que frequência devem ser feitas correções de comprimento de tela, devido à deteção de emendas de preparação dentro da distância de 80 mm. Com base no comprimento médio de tela necessária para construir um pneu para cada dimensão de jante, e tendo como constante a distância de 1500 mm entre emendas de preparação, foram obtidos os valores apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Comprimento médio e frequência de deteção de emenda, para 1ª e 2ª tela, agrupado por tamanho de jante.

Jante	Comprimento da 1ª tela (mm)	Frequência de correção de emenda 1ª tela	Comprimento da 2ª tela (mm)	Frequência de correção de emenda 2ª tela
14''	1084	3		
15''	1154	3	1366	10
16''	1231	5	1442	25
17''	1329	8	1540	38
18''	1407	15	1618	14
19''	1483	88	1694	9
20''	1562	25	1774	6
21''	1641	12	1864	5
22''	1721	8	1929	4

Ou seja, por exemplo, para a primeira tela de jante de 20'', em média, de 25 em 25 carcaças produzidas será necessário fazer uma correção para a regularização do desfaseamento entre emendas. Esta frequência de deteção influencia o número de correções realizadas durante a construção, que por sua vez tem influência no desperdício de tela têxtil gerado neste processo.

De notar que para a jante de 14'', não são fabricados pneus com duas telas, daí não haver qualquer valor na coluna respetiva na tabela.

Com base nestes dados, e juntando as horas de observação do ciclo de construção e opiniões dadas pelos operadores das máquinas, foi possível definir um plano de intervenção, tendo em vista o cumprimento dos objetivos solicitados.

### 3.2 Deteção de Emenda

Como foi referido anteriormente, a primeira máquina do módulo de construção tem integrado um sistema de alimentação que faz chegar ao tambor, de modo sincronizado, os vários componentes da carcaça do pneu. No caso das telas têxteis, as unidades de alimentação têm, cada uma, três passadeiras.

O mecanismo de deteção de emendas da tela têxtil está inserido na primeira máquina do módulo de construção de pneus, mais concretamente, no início da segunda das três passadeiras de alimentação de tela têxtil, identificadas na Figura 3.3.

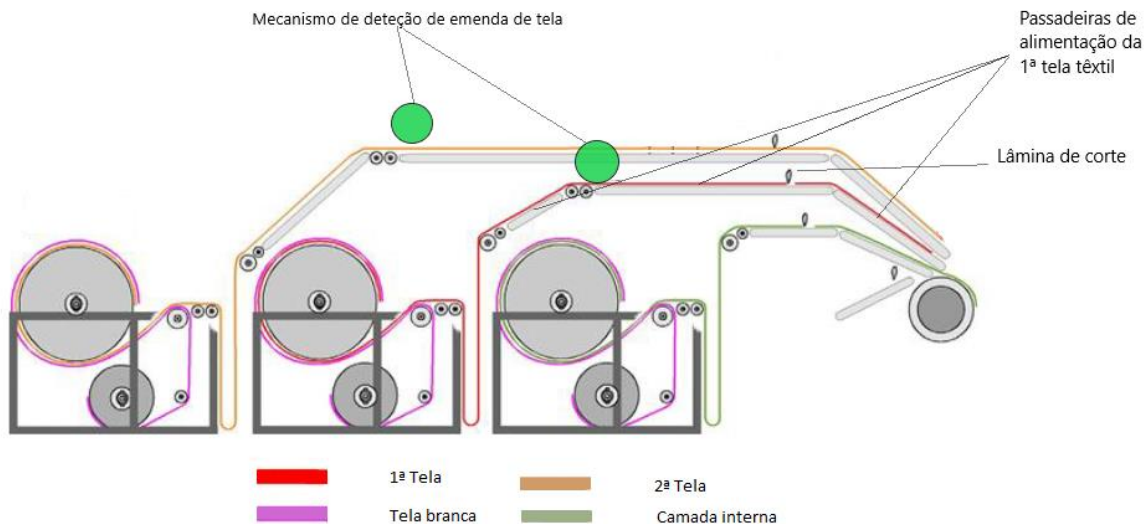


Figura 3.3 - Esquema representativo da localização do mecanismo de deteção de emenda na primeira máquina dos módulos de construção de pneus.

Este é o melhor local para se colocar o mecanismo de deteção, uma vez que a tela se encontra desenrolada, esticada e na horizontal, dando um maior rigor à medição da sua espessura. Está, também, colocado antes das lâminas de corte para que se possa alterar o comprimento do segmento de tela consoante a necessidade, como será explicado mais à frente.

Estando o mecanismo de deteção nesta posição é possível garantir que a deteção da emenda de preparação é sempre realizada com antecipação de um ciclo de construção uma vez que, enquanto uma parte da tela está na segunda passadeira do alimentador, o segmento de tela cortado com o comprimento especificado já se encontra na terceira passadeira de alimentação ao tambor.

Como já foi dito, por especificação, é requerido que as emendas, de preparação e de construção, fiquem desfasadas no mínimo de uma determinada distância entre si, de 80 mm, na carcaça do pneu.

O sistema de controlo e deteção de emenda foi, então, aplicado nestas máquinas com o intuito de melhorar o processo de regularização da distância entre emendas de preparação e de construção. Para isso, é necessário detetar, previamente, as emendas de preparação e fazer as devidas “compensações” de modo automático e, com isto, garantir o desfasamento mínimo entre emendas de preparação e construção, deixando a correção – remoção do excesso de tela – como ação manual, ao cargo do operador.

No entanto, o sistema aplicado não atingiu os resultados esperados, quer a nível de desperdício de tela têxtil gerado, quer na influência do método de trabalhos dos construtores de pneus.

Posto isto, são referidas, de seguida, algumas considerações importantes acerca da tela têxtil e da presença de emendas.

A tela têxtil é um dos materiais utilizados na construção do pneu que não pode ser reutilizado, pelo que, quando há necessidade de corrigir o comprimento de tela, o pedaço de tela retirado pelo operador é considerado um desperdício, ou *scrap*. Sendo assim, este componente requer uma melhor gestão, em termos do seu aproveitamento, quer em termos económicos quer em termos ambientais.

Existe, também, a possibilidade de o comprimento indicado para o corte ser atingido e as lâminas atuarem em cima da emenda. Este caso, normalmente, acarreta problemas uma vez que, como a emenda tem, aproximadamente, o dobro da espessura da tela, as lâminas poderão não fazer um corte tão limpo, formar dobras na tela ou, no pior dos casos, ficarem presas nas cordas e partir. Por esta razão, é de todo importante evitar o corte de tela na zona de sobreposição.

Durante a preparação da tela, e mesmo no movimento das passadeiras de alimentação da máquina, é possível que surjam dobras ou rugas na tela. Ora, “tela dobrada” não pode ser usada na construção e pode, inclusive, prejudicar o desempenho da máquina ao ficar presa e enrodilhada em zonas mais estreitas.

No processo de construção, os operadores têm ainda indicação complementar de que o segmento de tela utilizado na construção da carcaça não pode ter mais do que três emendas, duas de preparação e uma de construção. No caso de existirem mais emendas do que o limite, então esse segmento de tela não pode ser usado para a construção. É claro que esta situação só é relevante para jantes em que o comprimento de tela a usar na carcaça é superior a 1500 mm.

Pretende-se, então, que o sistema – mecanismo de deteção associado a um algoritmo – seja capaz de detetar corretamente a posição da emenda e fornecer um comprimento de tela adequado à construção da carcaça do pneu. Deste modo pretende-se reduzir significativamente o volume de desperdício de tela têxtil associado à regularização do desfasamento das emendas e, paralelamente, influenciar o método de trabalho dos construtores de pneus, no sentido do aumento da eficiência deste processo.

### 3.3 Requisitos do Projeto

Para que as alterações feitas no sistema de controlo e deteção de emenda possam ser aprovadas, e implementadas, foram definidos alguns requisitos chave para esta aplicação.

Abaixo, é apresentada uma listagem dos pontos considerados de cumprimento obrigatório:

- Deteção da emenda de preparação, feita pelo mecanismo de deteção, montado no início da segunda passadeira de alimentação de tela têxtil;
- Compensação automática do comprimento de tela, para regularização do desfasamento entre emendas;
- Redução de *scrap* de tela têxtil, associado ao processo de controlo e deteção de emendas;
- Criação de um alerta de aparecimento de dobras ou rugas na tela têxtil;
- Criação de um alerta da existência de três ou mais emendas por segmento de tela utilizado na construção da carcaça;

### 3.4 Soluções Analisadas

Como o próprio título indica, o objetivo deste projeto é a otimização do sistema de controlo e deteção de emendas de tela têxtil no sentido de diminuir desperdício. Foi nesse sentido que se procedeu ao planeamento do trabalho, tendo como principal objetivo o máximo aproveitamento do mecanismo de deteção e do algoritmo a ele associado para que, de seguida, se possa atender aos requisitos colocados para este projeto.

Nesta secção é apresentado o mecanismo de deteção, implementado nas máquinas de construção e indicado o seu procedimento de afinação, sendo posteriormente referenciadas outras soluções avaliadas.

### 3.4.1 Solução Atual

As máquinas de construção de pneus da empresa estão já equipadas com um mecanismo de deteção de emenda. Esta solução, foi desenvolvida pelo fornecedor dos módulos de construção.

O mecanismo de deteção implementado, apresentado na Figura 3.4, consiste num braço articulado metálico (peça a dourado) que, num extremo, suporta uma roda que está em contacto com a tela e, no outro, serve de superfície de deteção, para um sensor indutivo analógico. Este braço tem um ponto fixo que transforma o movimento vertical da roda, provocado pela diferença de relevo da emenda em relação à tela, num movimento horizontal da superfície de deteção. A medição da espessura da tela é, então, feita indiretamente pela distância do sensor indutivo à superfície de deteção.

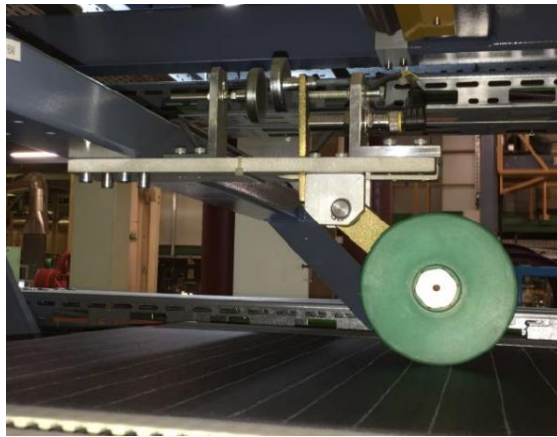


Figura 3.4 - Mecanismo de deteção usado nas máquinas de construção.

É utilizado um par de ímanes, cujos pólos estão orientados de maneira a existir uma força de repulsão entre eles, mantendo desta forma a roda em contacto com a tela. Existe, também, uma outra roda que está montada na mesma direção da roda do mecanismo, e que confere uma melhor precisão na medição da espessura da tela. O esquema de montagem do mecanismo está demonstrado no Anexo A.

Uma das principais razões para este sistema ter sido desativado foi a falta de procedimento aprovado e validado para a definição do seu *setpoint*. Isto fez com que a afinação do mecanismo se realizasse por tentativa/erro, levando a uma grande aleatoriedade na qualidade do processo de deteção de emendas.

Como consequência, foi definido um procedimento para a afinação do mecanismo, de maneira a que pudesse servir todo o tipo de telas que podem ser usadas na construção das carcaças, sem que haja a necessidade de ser definido um novo *setpoint* a cada troca de material. O procedimento, apresentado no Anexo B, foi validado e entregue aos responsáveis pela manutenção e avarias das máquinas de construção. A afinação foi feita a partir de dois pontos: o parafuso de cabeça hexagonal M6, que controla a distância entre rodas e que serve de batente do braço metálico, e o sensor indutivo analógico.

Uma vez que a gama de medição do sensor está contida no intervalo de 0,5 a 3 mm, foi estabelecido que a posição inicial do mecanismo seria definida por uma distância entre rodas de 0,5 mm. Esta medida permite compensar a zona morta do sensor e, também, reduzir a força de compressão da roda do mecanismo devido à força de repulsão dos ímanes a que a tela é sujeita. Como a tela têxtil tem, no mínimo, 1 mm de espessura, a medição não é afetada por esta distância.

De seguida, o sensor é posicionado de modo a que a sua face e o alvo (braço metálico) estejam distanciados de 0,5 mm. Com esta distância, é possível obter valores bastante precisos da

espessura da tela e garantir que o braço metálico nunca chegue a tocar na superfície sensora, uma vez que esta é uma zona sensível a choques.

A afinação do mecanismo foi efetuada, recorrendo à utilização de um apalpa folgas.

No entanto, e mesmo com o mecanismo de deteção afinado com o máximo rigor, verificou-se ser difícil fazer uma medição real e precisa da espessura da tela. Este facto prende-se com a circunstância de a tela ser um material elástico e, por isso, durante a medição, existir sempre alguma deformação elástica da mesma.

Contudo, no algoritmo, a deteção de emenda é feita com valores relativos, pelo que reduz a falta de rigor na medição da espessura da tela. A descrição do algoritmo é apresentada no capítulo 4.

O sensor indutivo da marca Turck, utilizado atualmente neste mecanismo, Figura 3.5, com sinal de saída analógico, permite ter uma saída em tensão de 0 a 10 V, ou em corrente, de 0 a 20 mA. A gama de medição é de 0,5 a 3 mm, com resolução de 25  $\mu\text{m}$  e não-linearidade inferior a 5% [20].

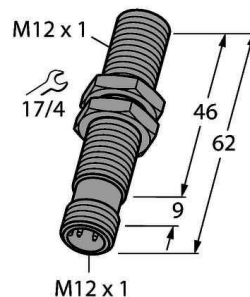


Figura 3.5 - Sensor Turck BI4-M12-LIU-H1141 [20].

O sinal de saída deste sensor é depois enviado para uma carta analógica KL3062, da Beckhoff. O terminal de entrada da carta processa sinais em tensão na gama de 0 a 10 V. A tensão é digitalizada com uma resolução de 12 bit e é transmitida, eletricamente isolada, para o controlador do autómato [21].

### 3.4.2 Outras Soluções

Embora tenha ficado definido que o mecanismo de deteção não necessitava de ser substituído, foram pesquisadas outras soluções para possível implementação, que são apresentadas de seguida.

#### Mecanismo de Deteção Alternativo

A Continental AG imprime em todas as empresas do grupo um forte espírito de partilha e cooperação. Partindo destas qualidades, foram contactadas outras fábricas do grupo, pedindo informações acerca do sistema de deteção instalado nas suas máquinas.

A resposta foi rápida, tendo sido recebidas fotografias e desenhos técnicos do mecanismo implementado e, inclusive, um procedimento para a correta montagem deste, na máquina de construção.

Como se pode observar pela Figura 3.6, o mecanismo é bastante semelhante ao instalado na CMIP. O contacto com a tela é feito através da roda, a espessura da tela é medida, indiretamente, pela distância do sensor à superfície de deteção do braço metálico, que tem acoplado a roda, e os ímanes, através de forças de repulsão, mantêm a roda em contacto com a tela.

O sensor indutivo de sinal analógico equipado neste mecanismo é o IM A30-40NE1ZC0K da Sick. Este sensor tem uma gama de medição entre 0 e 40 mm e uma resolução de 10  $\mu\text{m}$ . Neste caso é necessária uma gama de medição mais alargada devido a um ganho de cerca de 6,

introduzido pelo braço metálico. Ou seja, quando a roda se desloca 1 mm, o sensor deteta uma variação de 6 mm.

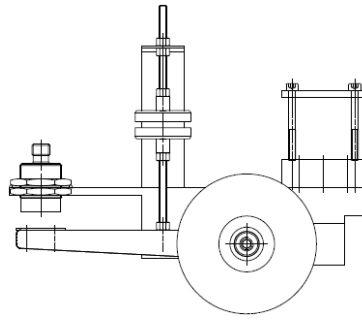


Figura 3.6 - Mecanismo de deteção de emendas instalado noutras máquinas do grupo.

Embora esta, também, mostrasse ser uma opção válida, não seria justificável trocar de um mecanismo de deteção já instalado, para outro, com bastantes semelhanças.

### Sensor Ultrassónico

Com o intuito de encontrar uma solução alternativa para o mecanismo de deteção, que não necessitasse de estar em contacto com o objeto de medição, neste caso a tela, foram procurados outros tipos de sensores, nomeadamente, ultrassónicos.

O sensor da Sick, apresentado na Figura 3.7, é também de dimensão M12, com sinal de saída analógico de 0 a 10 V ou de 4 a 20 mA. Tem uma resolução de 69  $\mu\text{m}$ , e uma gama de medição entre 20 e 150 mm e frequência de onda ultrassónica de 380 kHz [22].



Figura 3.7 - Sensor Sick UM12-1172271 [22].

Para este caso específico, o sensor ultrassónico apresenta boas qualidades, no que diz respeito ao custo, semelhante ao de um transdutor indutivo, robustez e imunidade a poeiras e humidade.

Porém, na prática, o movimento de avanço da passadeira do alimentador induz alguma ondulação na tela têxtil, o que iria afetar a medição da sua espessura. Uma das soluções seria implementar um género de calçador, contudo o conceito de uma solução sem contacto já não seria aplicado.

### Sistema de Visão

Nesta secção são apresentadas duas soluções: um sistema de visão 3D, da Sick, e um sistema de controlo de espessura, da Micro-Epsilon.

O TriSpector1000, da Sick, Figura 3.8, baseia-se numa câmara com capacidade integrada de processamento de imagem para inspeção de peças em movimento. Esta ferramenta cria uma imagem 3D de alta resolução e é, preferencialmente, usada em situações de controlo e inspeção do produto [23].



Figura 3.8 - TriSpector1000, da Sick [23].

O TCP 8303.ET, da Micro-Epsilon, Figura 3.9, utiliza um sistema baseado na combinação de um sensor de triangulação a laser e um sensor de correntes de Focault. Permite fazer medições de peças em movimento e é indicado, inclusivamente, para medição de espessura de calandrados na indústria de pneus [24].



Figura 3.9 - TCP 8303.ET, da Micro-Epsilon [24].

Ambos os instrumentos de medição, acima referidos, seriam uma solução possível para a deteção de emendas na tela têxtil e de fácil aplicação nas passadeiras de alimentação das máquinas de construção. No entanto, a sua aquisição representaria um investimento muito acima do considerado razoável para a aplicação em estudo e, por isso, ambos foram rejeitados.

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus



## 4. Solução Proposta e Resultados Obtidos

Neste quarto capítulo é proposta uma solução para este trabalho. São também apresentados os resultados obtidos face aos testes realizados.

### 4.1 Solução Proposta

Como já foi referido, o objetivo deste trabalho é otimizar o sistema de deteção de emendas da tela têxtil e, tal como no mecanismo de deteção, foi dada preferência ao estudo e compreensão do que já estava implementado no processo.

A empresa tem instalados nas suas máquinas de construção, sistemas abertos de automação, baseado em tecnologias de controlo por IPC, equipados pela Beckhoff. O *software* utilizado é o *TwinCAT 2*, que permite converter um IPC num controlador de tempo real com um sistema multi-PLC, ambiente de programação e estação de operação, seguindo a norma IEC 61131-3. O painel de comandos da Beckhoff instalado nas máquinas de construção da CMIP é apresentado na Figura 4.1 [21].



Figura 4.1 - Painel de comandos instalado nas máquinas de construção de pneus da CMIP e numeração dos botões do painel [21].

Para compreender o programa existente, associado à deteção de emenda de tela, procedeu-se ao estudo do programa, através da leitura do código em texto estruturado (ST) e, posteriormente, criação de um programa de simulação com a HMI (*Human Machine Interface*), apresentada na Figura 4.2.

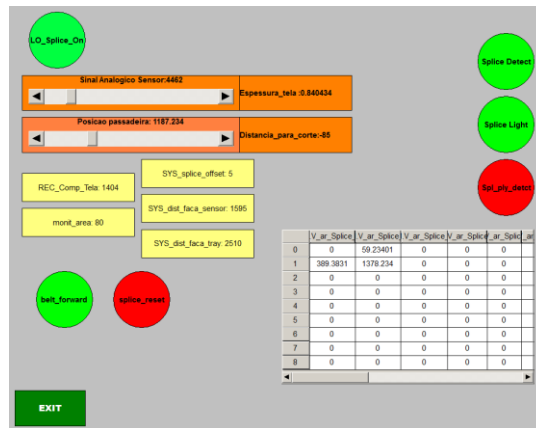


Figura 4.2 - HMI criada para a simulação do processo de deteção de emenda.

Neste programa, foram introduzidas as diferentes variáveis de entrada e saída do bloco funcional, para poder ser feita uma simulação do comportamento da função de deteção da emenda de preparação perante diversas situações. Esta revelou ser uma ferramenta muito benéfica no estudo do programa numa primeira fase em que era bastante difícil ter acesso a todas as máquinas de construção para poder observar o comportamento do algoritmo perante as diferentes situações tais como, posições da emenda, comprimentos e espessuras de tela.

A partir deste ponto foi possível perceber que o programa está dividido por secções associadas à deteção de emenda, através do sinal analógico do sensor, da posição da emenda detetada e do cálculo do comprimento de tela que deve ser fornecido para se cumprir com a distância entre emendas. Neste capítulo, é apresentada uma breve explicação do algoritmo do programa.

#### 4.1.1 Deteção de Emenda

Como indicado na secção 2.4.2, na CMIP são utilizados diferentes tipos de tela têxtil. A existência de diferentes espessuras de telas, e a necessidade de definição de um *setpoint*, para que o mecanismo de deteção de emenda possa ser usado de modo universal, i.e., em todas as máquinas independentemente da tela utilizada, fez com que a definição de emenda fosse dada a partir da comparação de valores relativos, e não por um patamar definido por um valor absoluto.

Como já foi explicado, a medição da espessura da tela têxtil é obtida através da distância entre o sensor e a superfície de deteção do braço metálico. O sinal analógico do sensor obtido é depois utilizado no cálculo dessa distância através de uma interpolação, indicada na equação 4.1.

$$Espessura_{tela} = Sinal_{sensor} \times \frac{3 - 0,5}{4096} + 0,5 \quad (4.1)$$

Os valores 0,5 e 3 são, respetivamente, o mínimo e máximo da gama de medição do sensor e 4096 é o número de bit da variável do sinal analógico do sensor.

Sendo a emenda feita a partir da sobreposição de tela, isto significa que a espessura desta será, aproximadamente, o dobro da espessura da tela. Sendo assim, são utilizadas duas variáveis que guardam o valor atual da medição da espessura e o valor anterior a este, atribuídos pelo sensor. Estes valores são comparados e filtrados e quando o valor atual for o dobro do valor anterior é sinalizada uma emenda e gravada a sua posição na tela, como exemplificado na equação lógica 4.2.

$$Emenda := Valor_{atual} > 2 \times Valor_{anterior} \quad (4.2)$$

A partir da posição da emenda de preparação serão feitos os cálculos das compensações de comprimento de tela atribuídas de maneira a que a distância entre emendas possa ser

regularizada. Com o registo da posição das emendas de preparação garante-se, também, que as lâminas de corte nunca atuam em cima destas.

Na próxima secção estão explicadas as compensações para as diferentes posições da emenda de preparação no segmento de tela têxtil utilizado na construção da carcaça.

#### 4.1.2 Compensações

A emenda de construção, como já foi referido, é feita a partir da junção do início com o fim do segmento de tela têxtil, através da sobreposição de 4 mm de tela. É requerido, em complemento, que exista uma distância mínima de 80 mm entre esta emenda de construção e a eventual emenda de preparação na carcaça do pneu, como exemplificado na Figura 4.3.

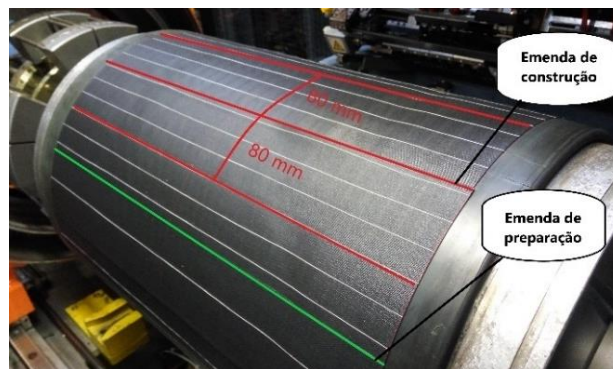


Figura 4.3 - Identificação da zona crítica da deteção de emenda de preparação.

Ora, para esta condição ser cumprida, significa que não poderão existir emendas de preparação a menos de 80 mm do início ou do fim do segmento de tela têxtil usado para a construção da carcaça.

Caso esta distância não seja cumprida terão de ser dadas as devidas compensações, modelando o comprimento do segmento de tela consoante a posição da emenda.

Abaixo são explicados os três casos tipo de compensação de tela.

#### Emenda de preparação no fim da tela

Para este caso, a emenda de preparação terá de ser detetada a uma distância inferior a 80 mm do fim do segmento de tela.

Sendo assim, a compensação de tela é dada pela diferença entre os 80 mm e a distância a que a emenda se encontra do fim do segmento.

Seguindo o exemplo da Figura 4.4, em que a emenda foi detetada a 50 mm do fim da tela, a compensação feita foi de  $80 - 50 = 30$  mm. Como há uma compensação de 30 mm extra de tela, significa que a tira de tela retirada e desperdiçada será desta dimensão.

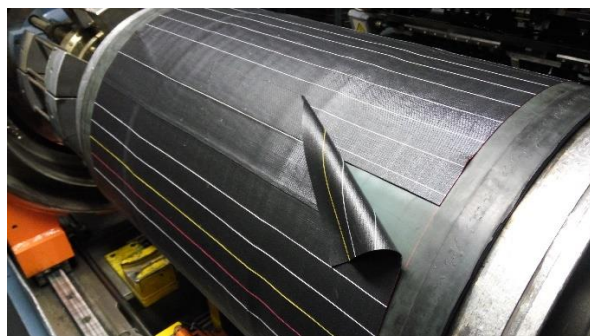


Figura 4.4 - Compensação de comprimento para o caso de emenda de preparação no fim de tela.

Ou seja, a tira de tela retirada e desperdiçada terá sempre a dimensão da compensação realizada.

Depois de enrolada a tela em torno do tambor, o ciclo de construção para, e o operador tem de retirar a tira de tela extra e voltar a fazer a sobreposição que origina a emenda de construção, regularizando a distância de 80 mm entre emendas. No fim, o operador tem de confirmar esta correção pressionando o botão *RESET EMENDA* (16) do painel de comandos que lhe permite continuar com o ciclo de construção.

O procedimento com as instruções dadas ao operador, para este caso, está apresentado no Anexo C.

A Figura 4.5 demonstra o estado da tela, no final desta correção.

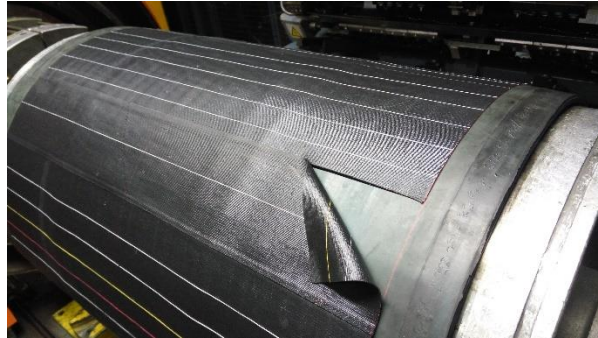


Figura 4.5 - Correção feita para o caso de emenda de preparação no fim de tela.

### **Emenda de preparação no início da tela**

Neste caso, a emenda de preparação é detetada nos primeiros 80 mm de tela.

Aqui, a compensação ocorre de um modo diferente uma vez que esta é feita por antecipação.

Como foi explicado no subcapítulo 3.2 a deteção de emenda é sempre realizada com um ciclo de fabrico de antecedência. Assim, no caso de haver uma emenda nos 80 mm iniciais do segmento de tela, esse comprimento, do início da tela até à posição da emenda, é incluído no segmento anterior.

Ou seja, o segmento de tela que avança até ao tambor passa a incluir a tira que contém a emenda de preparação no início da tela do pneu seguinte. Deste modo, o pedaço de tela retirado terá um comprimento igual à distância da posição da emenda de preparação ao início da tela. A este comprimento é adicionado um pequeno *offset* para garantir que as lâminas não atuam em cima da emenda.

Por exemplo, na Figura 4.6, a emenda foi detetada nos primeiros 40 mm do segmento de tela seguinte, o que significa que o segmento atual passa a incluir esses 40 mm. Depois da tela ser enrolada no tambor esse excerto será retirado e, após confirmação dada pelo operador, o ciclo de construção prossegue. Neste caso, para além de ser regularizada a distância entre emendas é, também, retirada uma emenda de preparação da carcaça do pneu.

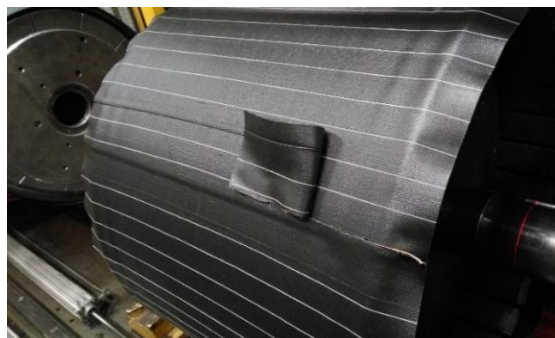


Figura 4.6 - Correção feita para o caso de emenda de preparação no início de tela.



Tanto para este caso, como para o mencionado anteriormente é garantido que nunca é retirado mais de 80 mm de comprimento de tela, ao contrário do que acontece com a correção manual.

### **Emenda de preparação no início e no fim da tela**

Este é um caso específico da primeira tela dos pneus de jante de 21'' e é uma variante do caso de emenda no fim da tela. O segmento de tela do pneu desta dimensão tem o comprimento propício a que possam existir duas emendas de preparação, muito próximas do seu início e fim. Esta situação provoca, quando a tela é enrolada no tambor, a existência de três emendas – duas de preparação e uma de construção – muito próximas da distância limite.

Neste caso, quando a segunda emenda de preparação está dentro dos 80 mm finais do segmento de tela o algoritmo faria a devida compensação, apresentada no primeiro caso. Porém, esta situação faria com que a primeira emenda de preparação ficasse demasiado próxima da junção da tela. Sendo assim, o comprimento de tela é acrescentado, não até perfazer os 80 mm de distância, mas sim até à posição da outra emenda de preparação. Com esta alteração, embora provoque uma correção maior, e consequente desperdício, é possível eliminar uma das emendas de preparação passando a ter apenas duas emendas – uma de preparação e outra de construção – nesta zona da carcaça do pneu.

Seguindo o exemplo apresentado na Figura 4.7, o comprimento da compensação é igual à distância entre o início de tela e a posição da primeira emenda de preparação.



Figura 4.7 - Compensação feita para o caso de emenda de preparação no início e no fim de tela.

O procedimento que o operador deve seguir é o mesmo que na situação de emenda no fim de tela. A correção para este caso está exemplificada na Figura 4.8.

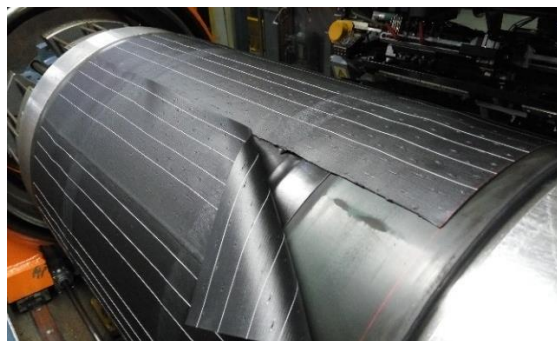


Figura 4.8 – Correção feita para o caso de emenda de preparação no início e no fim de tela.

Para todos os casos de deteção de emenda de preparação dentro da zona crítica o operador é sempre previamente alertado com um aviso, apresentado na Figura 4.9, e um sinal luminoso no botão *RESET EMENDA*.

É, também, garantido que o ciclo de construção para após o enrolar da tela têxtil no tambor para que se possam fazer as devidas correções. No final da correção, o operador tem de confirmar a regularização feita, carregando no botão *RESET EMENDA*, para poder prosseguir com o ciclo de construção da carcaça.

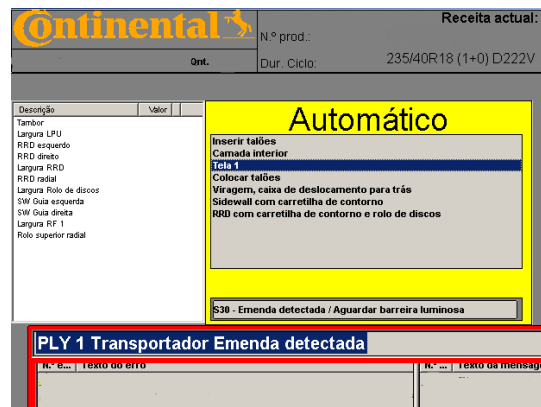


Figura 4.9 - Alerta para deteção de emenda de preparação na zona crítica mostrado no painel de comando da máquina de construção.

Nas compensações não houve necessidade de alterar ou acrescentar qualquer indicação no algoritmo, sendo feita apenas a regularização de valores ideais para toda a gama de medidas de pneu e identificação das variáveis responsáveis por estas compensações.

No entanto, a maior falha deste sistema não estava na deteção e na compensação do comprimento de tela para emendas que surgiam isoladamente, mas sim para o caso em que a deteção de emenda se repete pneu após pneu.

Esta situação acontece, essencialmente, para carcaças de jante de 19'', cujo comprimento do segmento de tela é muito semelhante à distância normal entre emendas (1500 mm). Com isto, a progressão da emenda ao longo da construção das carcaças, é muito menor.

Como é possível observar na Tabela 3.1, do subcapítulo 3.1, para este tamanho de jante, podem ser construídas, teoricamente, até 88 carcaças sem que haja necessidade de interromper o processo por causa da deteção de emenda. No entanto, como a progressão da emenda é muito pequena, a partir do momento em que esta entra na zona crítica é possível verificar mais de dez deteções consecutivas e, consequentes, compensações e correções de comprimento de tela.

Ora, esta situação é motivo de apreensão quer a nível da geração de desperdício de tela, quer ao nível do tempo gasto pelo operador para proceder à regularização da distância entre emendas.

No próximo parágrafo é apresentado como foi ultrapassado o problema da repetição de deteção de emendas.

### Repetição de emendas

Para este tipo de ocorrência, houve a necessidade de criar uma ação que evitasse a repetição de correções devido à regularização da distância entre emendas. Esta ação foi realizada através de uma compensação extraordinária do comprimento de tela de modo a que na construção da carcaça seguinte a emenda de preparação esteja garantidamente fora da zona crítica de deteção.

Como foi referido na secção 3.1 a progressão da emenda pode acontecer de duas formas, explicadas nas Figura 3.1 e Figura 3.2. Tendo em conta essa progressão, a ação de compensação de comprimento de tela terá de ser feita de maneira diferente para cada caso. Este pormenor não estava a ser atendido na versão anterior do algoritmo o que levava à repetição de um elevado número de correções por deteção de emendas dentro da zona crítica.

Posto isto, para a primeira situação, mais recorrente, a compensação é feita através de um segmento de tela menor que o comprimento habitual. Desta forma, a emenda de preparação na carcaça seguinte estará no início da tela onde reiniciará a sua progressão até ao fim da mesma.

Este tipo de ação foi chamado de compensação negativa e está apresentada na Figura 4.10.

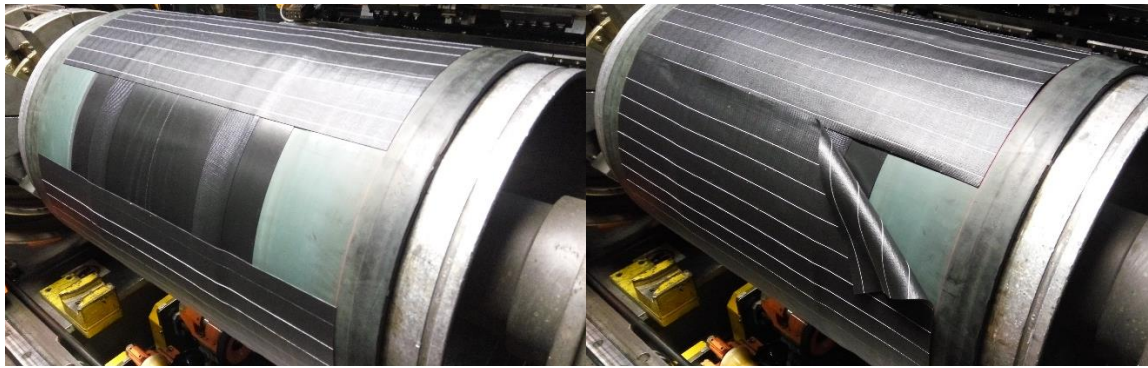


Figura 4.10 - Compensação negativa.

Neste caso, o operador terá de fazer um excerto de tela para poder continuar com o processo de fabrico. O comprimento de tela que falta é sempre maior ou igual a 80 mm. Deste modo, o operador não necessita de retirar tela para proceder à correção.

Tal como nos casos anteriores, só após correção e ativação do botão *RESET EMENDA*, é que o ciclo prosseguirá.

Para o segundo caso, a compensação será feita com excesso de tela, com o mesmo objetivo de tirar a emenda de preparação da zona de deteção. Posteriormente, a emenda de preparação na carcaça seguinte estará no fim da tela, onde reiniciará a sua progressão até ao início da mesma.

Este tipo de ação foi chamado de compensação positiva, e está apresentada na Figura 4.11.

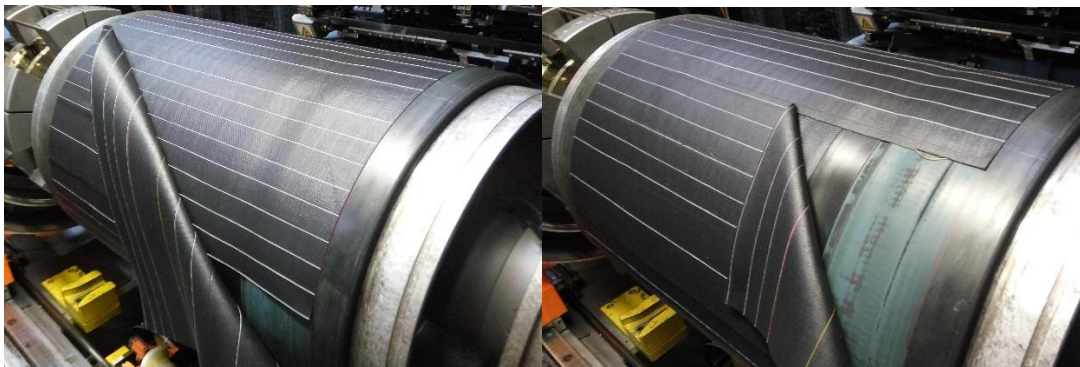


Figura 4.11 - Compensação positiva.

Aqui o operador terá de retirar o excesso de tela dado na compensação. Esse pedaço é posto de lado para posteriores excertos. Após a confirmação da correção feita o ciclo prosseguirá.

Em termos de programa ficou definido que à segunda deteção consecutiva de emendas na zona crítica é feita a devida compensação extraordinária. A compensação negativa está definida por defeito, enquanto a positiva apenas será realizada em determinadas ocasiões, nomeadamente, quando a primeira emenda for detetada no início do segmento de tela. Esta definição é feita a partir do registo da posição das emendas de preparação nos segmentos de tela têxtil utilizados ao longo do processo de construção da carcaça.

De seguida, na Figura 4.12, é apresentado o diagrama com a sequência lógica para a regularização da distância entre emendas, devida à deteção destas dentro da zona crítica.

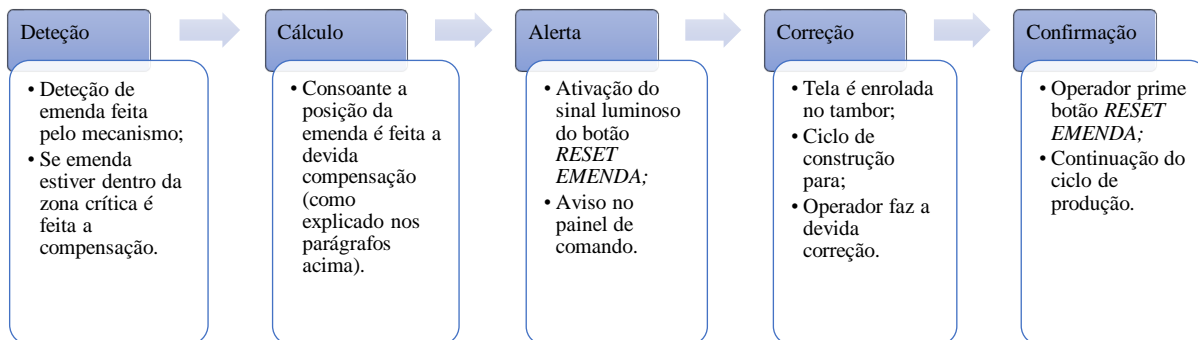


Figura 4.12 - Diagrama com seqüência lógica para o procedimento de regularização da distância entre emendas.

#### 4.1.3 Alertas de Qualidade

Consoante os requisitos, foram criados dois alertas de qualidade – para a deteção de dobras na tela e para a deteção de três ou mais emendas por carcaça.

##### Alerta de Qualidade - Tela com dobras

O surgimento de dobras, ou rugas, na tela pode afetar o desempenho da máquina de construção de carcaças. Sendo assim, é importante identificar previamente esta situação para limitar possíveis interferências e perturbações no processo de fabrico.

Posto isto, foi implementada uma variável de alerta de dobra ou ruga na tela que é ativada quando a espessura desta, lida pelo sensor, se encontra acima de 3 mm. Quando ocorre esta situação o avanço da tela feito pelas passadeiras de alimentação é inibido. É emitido um alerta no painel de comando da máquina, Figura 4.13, e ativado um sinal luminoso no botão de *RESET* (4).

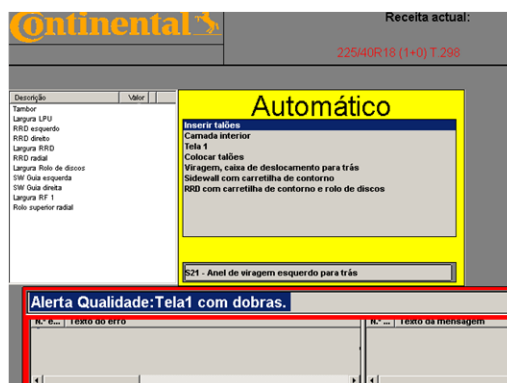


Figura 4.13 - Alerta de qualidade para tela com dobras mostrado no painel de comando da máquina.

A paragem do avanço da tela é feita como medida de prevenção para evitar que esta fique encravada em alguma das partes mais frágeis da máquina, nomeadamente as lâminas, correndo o risco de as danificar.

Para poder continuar o ciclo de construção o operador terá de verificar a passadeira de alimentação, avaliar a situação e corrigi-la. Só depois de normalizada a situação o operador poderá continuar o ciclo de construção premindo o botão de *RESET* no painel de comandos.

Na Figura 4.14, é apresentada a seqüência lógica, em diagrama, para a deteção de dobra na tela.



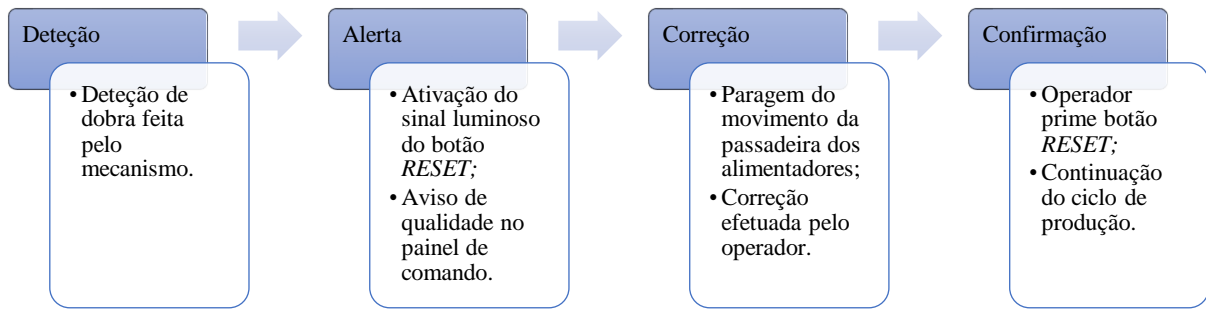


Figura 4.14 - Diagrama com sequência lógica para a deteção de dobra na tela.

### Alerta de Qualidade – Tela com mais de três emendas

Em modo semelhante ao alerta de dobra na tela, é criada outra função para a existência de três ou mais emendas de preparação na mesma tela. Na deteção desta ocorrência é mostrado um aviso no painel de comandos, Figura 4.15, e ativado um sinal luminoso no botão de *RESET EMENDA* (16) relativo à deteção de emendas.

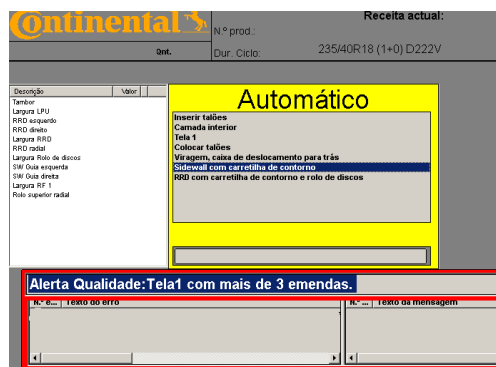


Figura 4.15 - Alerta de qualidade para tela com mais de três emendas mostrado no painel de comando da máquina.

O ciclo de trabalho é interrompido após o enrolamento da tela no tambor e aqui o operador deve retirar a tela defeituosa e colocá-la de lado para usar em posteriores correções de tela. De seguida, terá de premir o botão de *RESET EMENDA*, para confirmar a remoção da tela defeituosa e efetuar a repetição da aplicação da tela no tambor, prosseguindo com o ciclo de construção. O procedimento com as instruções dadas ao operador, para este alerta, está apresentado no Anexo D.

Na Figura 4.16 é apresentado o diagrama com a sequência para a deteção de três ou mais emendas no mesmo segmento de tela.

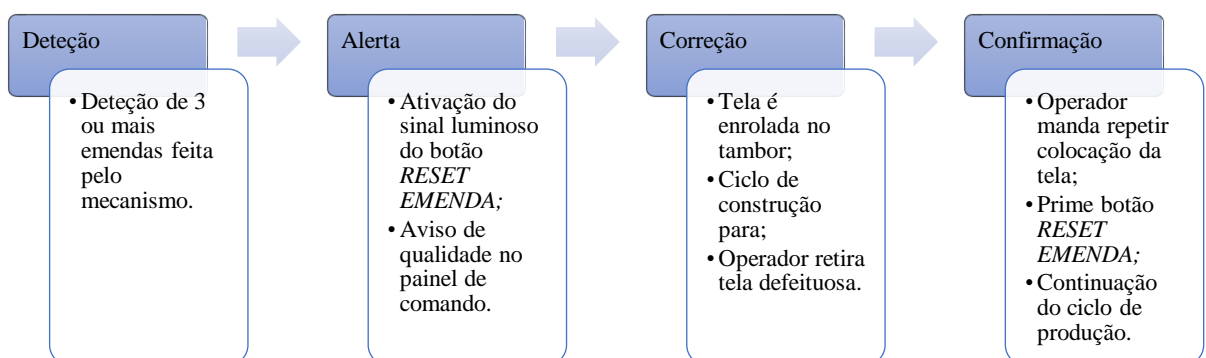


Figura 4.16 - Diagrama com sequência lógica, para a deteção de três ou mais emendas de preparação.

A implementação desta proposta de solução foi sendo testada em diferentes máquinas, estando, atualmente, ativa em cerca de um quarto do total das máquinas de construção de pneus da empresa.

## 4.2 Resultados Obtidos

Um dos principais objetivos deste projeto, como já foi referido, é a redução de desperdício de tela têxtil associado à regularização do desfasamento entre emendas.

Tendo como referência os dados estatísticos de 2016, procedeu-se à recolha de novos registos para perceber se havia melhoria e, acima de tudo, quantificar essa melhoria.

Posto isto, foi instalado no programa um algoritmo que faz o registo automático das compensações de comprimento de tela, em milímetros, após a deteção de emendas de preparação em zona crítica.

Estes dados são agrupados consoante o artigo em construção para que, através do *Article Full Description* – ficheiro que contém os dados relativos a todos os componentes usados no fabrico de cada artigo – se possa passar o valor registado, em comprimento, para um valor calculado, em peso. Sabendo o peso associado ao comprimento do segmento de tela têxtil de um determinado artigo, obtido no ficheiro, então é possível associar um peso, em gramas, ao valor da compensação feita.

O algoritmo de registo foi, então, instalado nas máquinas alvo de modificação. Os dados obtidos foram, novamente, agrupados por tamanho de jante para comparação com os dados de 2016. Estes dados estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Dados obtidos, em volume de carcaças de pneu e peso de *scrap* de tela, nas recolhas de 2016 (azul) e 2018 (verde).

Jante	Período de 01-02-2016 a 29-02-2016				Período de 23-04-2018 a 18-05-2018				Comparação g/carcaça (%)
	Volume (carcaças)	Volume (%)	Scrap (Kg)	Peso de scrap/carcaça (g)	Volume (carcaças)	Volume (%)	Scrap (Kg)	Peso de scrap/carcaça (g)	
14''	110232	13,06%	333,46	3,03					
15''	212402	25,16%	554,69	2,61					
16''	181615	21,51%	770,87	4,24	8501	10,57%	21,31	2,51	-40,9%
17''	80487	9,53%	483,3	6,00	6118	7,60%	37,17	6,08	1,2%
18''	169729	20,10%	832,88	4,91	21252	26,42%	54,67	2,57	-47,6%
19''	54328	6,44%	240,88	4,43	11791	14,66%	17,66	1,50	-66,2%
20''	30920	3,66%	197,08	6,37	18710	23,26%	86,55	4,63	-27,4%
21''					10617	13,20%	98,08	9,24	
22''					3462	4,30%	26,45	7,64	
Total	840951	100%	3413,16		80451	100%	341,90		-32,9%

Como é possível observar na tabela acima apresentada, em fevereiro de 2016 foram analisados um total de 840.951 carcaças, distribuídas por tamanhos de jante de 14'' a 20'', no número total de máquinas de construção da empresa. Não são apresentados dados para jante 21'' e 22'' pois não eram fabricados (pelo menos em quantidades significativas) pneus desse tamanho.

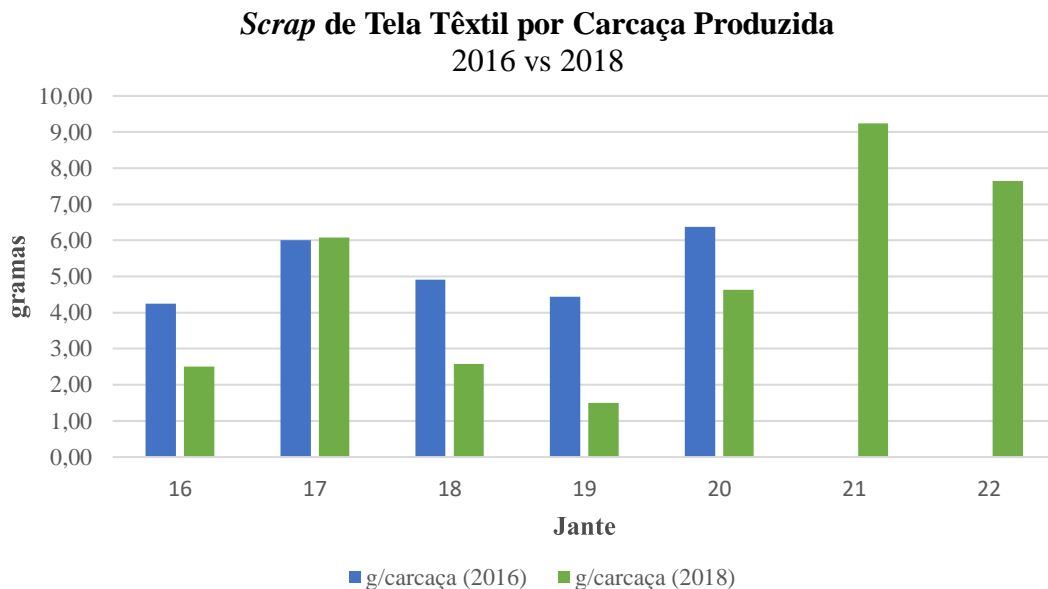
Em 2018, mais concretamente de 23 de abril a 18 de maio, foram analisados um total de 80.451 carcaças, distribuídas por tamanhos de jante de 16'' a 22''. Não são apresentados dados para jantes de 14'' e 15'' pois nas máquinas observadas não se fabricaram pneus desse tamanho.

Foram observadas carcaças com uma e duas telas. No entanto, como foi referido, só uma parte dos pneus produzidos têm a aplicação da 2ª tela têxtil. Sendo assim, a distribuição dos resultados pelo tamanho de jante é, maioritariamente, influenciada pela frequência de deteção

de emendas da 1ª tela. A frequência de deteção, como já foi observado na Tabela 3.1, é dada pela relação entre o comprimento do segmento de tela utilizada para a construção do pneu e a distância entre emendas de preparação.

Com estes dados, foi calculada a quantidade de tela têxtil desperdiçada, em gramas por carcaça produzida, e feita a comparação com os resultados de 2016. Esta comparação é apresentada no Gráfico 4.1.

Gráfico 4.1 - Comparação de *scrap* de tela têxtil, por carcaça produzida, em 2016 (azul) e 2018 (verde).



Como se pode observar, existe uma redução de desperdício para quase todas as medidas de jante. Feita a comparação, em média, para pneus de jante de 16'' a 20'', existe uma redução de, aproximadamente, 33% de desperdício de tela têxtil associado à regularização da distância entre emendas.

Para o caso de jantes de 21'' e 22'' é possível verificar os efeitos referidos no subcapítulo das compensações, para emendas no início e no fim de tela, onde é feita uma compensação maior, para evitar a existência de três emendas num espaço restrito da carcaça e regularizar a distância entre estas. Fica desde já a notificação para o futuro, pois caso haja um aumento da produção de pneus desta dimensão será necessário ter em conta esta consequência.

No caso da jante de 17'', não se verificou a redução esperada de desperdício de tela, pelo que se inspecionou mais profundamente os dados do registo automático tendo-se verificado que uma boa parte das emendas de preparação detetadas dentro da zona crítica estavam a uma distância de 70 mm a 80 mm do início ou do fim da tela.

Em 2016, uma das recomendações do estudo do *Scrapattack* foi precisamente a alteração da distância de controlo de 80 mm para 60 mm.

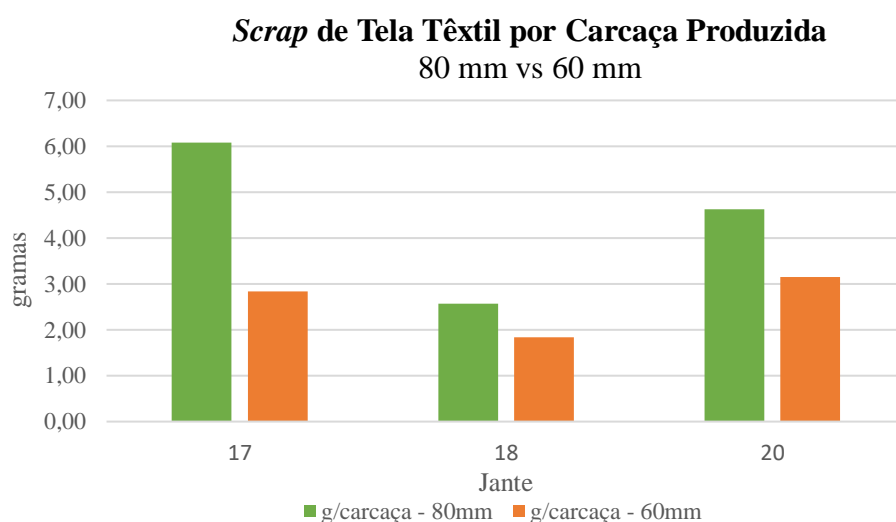
Sendo assim, com esta recomendação e com a situação do caso da jante de 17'', procedeu-se à realização de um teste, alterando-se a distância de controlo para 60 mm em apenas um terço das máquinas modificadas, recolhendo-se novos dados. No período de 22 a 25 de maio, foram analisadas um total de 11.142 carcaças distribuídas por tamanhos de jante de 17'', 18'' e 20''. A comparação foi feita com os dados recolhidos em 2018, para uma distância de controlo de 80 mm. Os dados recolhidos estão apresentados na Tabela 4.2 onde, desde logo, se verificou uma redução significativa de, aproximadamente, 53% para tamanho de jante de 17''.

Tabela 4.2 - Dados obtidos, em volume de carcaças de pneu e peso de *scrap* de tela, nas recolhas de 2018, para distância de controlo de 80 mm (verde) e 60 mm (laranja).

Jante	Período de 23-04-2018 a 18-05-2018				Período de 22-05-2018 a 25-05-2018				Comparação g/carcaça (%)
	Volume (carcaças)	Volume (%)	Scrap (Kg)	Peso de <i>scrap</i> /carcaça (g)	Volume (carcaças)	Volume (%)	Scrap (Kg)	Peso de <i>scrap</i> /carcaça (g)	
17''	6118	13,28%	37,17	6,08	3821	34,29%	10,85	2,84	-53,3%
18''	21252	46,12%	54,67	2,57	2429	21,80%	4,47	1,84	-28,4%
20''	18710	40,60%	86,55	4,63	4892	43,91%	15,40	3,15	-31,9%
Total	46080	100%	178,39		11142	100%	30,73		-38,5%

A comparação destes dois casos é apresentada, de seguida, no Gráfico 4.2.

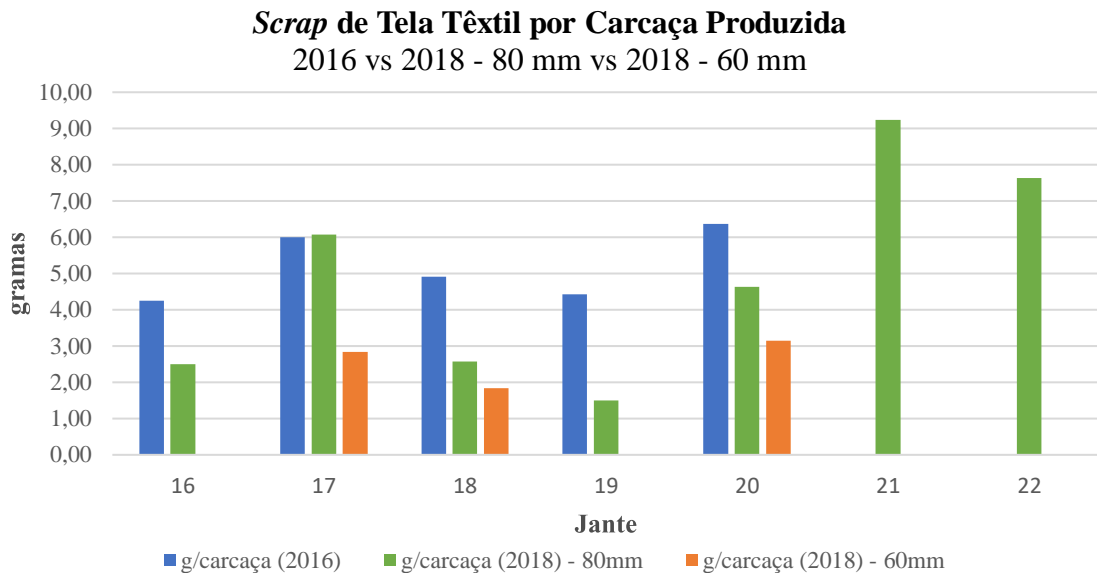
Gráfico 4.2 - Comparação de *scrap* de tela têxtil, por carcaça produzida, em 2018, para distância de controlo de 80 mm (verde) e 60 mm (laranja).



Feita a comparação dos dados obtidos é possível observar uma expectável redução de desperdício que para estes três tamanhos de jante é, em média, de cerca de 38%.

No Gráfico 4.3 são apresentados, em simultâneo, os dados recolhidos apresentados anteriormente.

Gráfico 4.3 - Comparação de *scrap* de tela têxtil, por carcaça produzida, em 2016 (azul) e 2018, para distância de controlo de 80 mm (verde) e 60 mm (laranja).



No que diz respeito a tempos, o departamento de engenharia industrial é responsável, entre outros assuntos, pela medição e registo dos tempos das várias fases do ciclo de construção do pneu. Segundo os seus critérios a regularização da distância entre emendas é um processo considerado como “perturbação” e não entra no cálculo dos tempos de ciclo.

Como uma perturbação pode ter diferentes causas o tempo que leva a reparar é fortemente dependente da situação que lhe deu origem. Por esta razão, não seria prático analisar cada uma individualmente e, por isso, não foi feito o registo de tempo associado a perturbações.

No entanto, ficou estabelecido que, embora não seja quantificável, houve uma melhoria sensível na resolução das perturbações associadas à deteção de emendas graças à facilitação do processo de correção, tornando-o mais simples e expedito.

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

### 5.1 Conclusões

O objetivo deste projeto foi a otimização do sistema de controlo e deteção de emendas na tela têxtil, para que este fosse uma peça fundamental para regularização da distância entre emendas na carcaça do pneu. Com esta otimização pretendeu-se reduzir o volume de desperdício de tela têxtil associado ao desfasamento das emendas e, paralelamente, auxiliar o trabalho dos construtores de pneus no sentido do aumento da eficiência deste processo.

Para isso foi necessário passar por diversas etapas, desde a compreensão de todo o processo de fabrico de um pneu, passando por reuniões e apresentações com responsáveis de diferentes departamentos, definição de requisitos e metas a atingir. Tudo isto possibilitou ao autor a experiência e compreensão daquilo que é o ambiente industrial e o impacto que as regras e condutas de uma empresa têm no desenvolvimento de um projeto.

Após conclusão do processo de melhoria do mecanismo e algoritmo associado e, com o sistema implementado em diversas máquinas da empresa, foi possível tirar as seguintes considerações:

- Em primeiro lugar, a definição do procedimento de afinação do mecanismo de deteção tornou-o apto a ser utilizado na deteção automática de emendas de preparação de qualquer um dos tipos de tela têxtil que podem ser usados para a construção de pneus na CMIP;
- A regularização de valores usados no cálculo para a correção do comprimento de tela e a definição de um novo comportamento face à repetição da deteção de emendas de preparação, fizeram do algoritmo associado a este sistema um programa único, pronto a aplicar em todas as máquinas de construção independentemente do tamanho de jante ou artigo a ser produzido;
- A junção dos dois pontos anteriores tornou este sistema fiável no processo de regularização da distância entre emendas passando as etapas de deteção, controlo e compensação a ser feitas de modo automático, deixando a correção – remoção do excesso de tela – como ação manual ao cargo do operador. Neste sentido, este processo passou de totalmente manual a semiautomático;
- Os alertas e sinais luminosos integrados são ações que auxiliam o operador na deteção de anomalias e ajudam a imprimir uma melhor qualidade e uniformidade no fabrico do artigo final;
- No que diz respeito ao objetivo de redução de *scrap* de tela têxtil os resultados obtidos indicam uma melhoria considerável, de cerca de 33%, no aproveitamento deste material, quando confrontado com os dados de 2016 para os mesmos tamanhos de jante;

- Sendo a deteção e a compensação efetuadas de forma automática, a correção pode ser realizada com menor margem de erro. Posto isto, a oferta de maior certeza permite possibilitar a redução da distância de controlo entre emendas de 80 para 60 mm. Esta redução, como mostraram os resultados obtidos, também influencia no melhor aproveitamento da tela têxtil.

## 5.2 Trabalhos Futuros

No futuro, e após um tempo adequado de recolha de informação em fase de testes ao sistema de deteção e controlo de emendas para confirmação do funcionamento desta solução, será importante a sua instalação na totalidade das máquinas de construção de carcaças da CMIP.

Com a aplicação deste sistema nas passadeiras de alimentação da 1ª e 2ª telas das máquinas de construção é possível monitorizar a posição das emendas de preparação e construção na carcaça. Sendo assim, cruzando os dados dos dois programas – para 1ª e 2ª telas – poderá ser evitada a sobreposição de emendas através de um desfasamento imposto na aplicação da 2ª tela. Desta forma, será possível conferir maior uniformidade do produto final, evitando situações que possam afetar as forças radiais e o balanceamento dinâmico do pneu.

Será, também, interessante conceber uma ideia para que a correção do comprimento de tela não dependesse da intervenção humana, passando este sistema a ser totalmente automático.

A presença de emendas na camada interna é normal na preparação deste componente. No entanto, não é admissível o uso de camada emendada na construção da carcaça uma vez que é este o elemento que confere a estanquicidade ao ar do pneu. Deste modo, será interessante aproveitar o mecanismo de deteção, montado nas passadeiras de alimentação da 1ª e 2ª telas têxteis, e instalá-lo, também, nos alimentadores da camada interna das máquinas de construção para deteção e aviso ao operador.





Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

## Referências

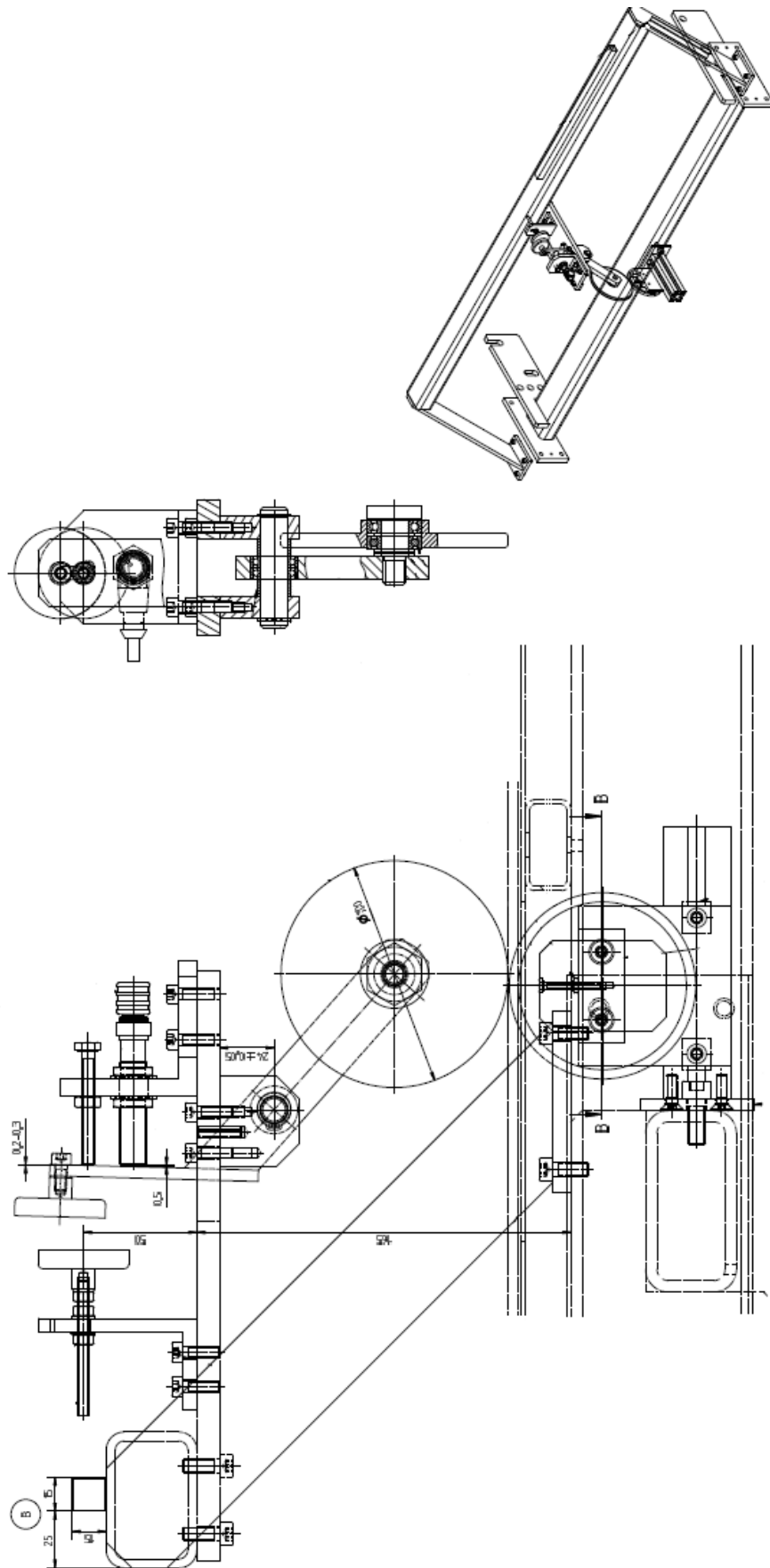
- [1] “Continental AG”, *Continental AG - Homepage*. [Online]. Disponível em: <https://www.continental-corporation.com/en>. [Acedido: 26-Mai-2018].
- [2] C. Mabor, “Intranet”. 2018.
- [3] R. Neves, “Continental Mabor com lucros de 212 milhões e vendas de 878 milhões em 2017”, *Jornal de Negócios*, 09-Mai-2018.
- [4] “Tire industry in boom cycle | Smithers Rapra”, Abr-2017. [Online]. Disponível em: <https://www.smithersrapra.com/resources/2017/april/tire-industry-in-boom-cycle>. [Acedido: 31-Mai-2018].
- [5] “Smithers Rapra forecasts global industry tire volume to reach 2.7 billion units by 2022”, Dez-2017. [Online]. Disponível em: <https://www.smithersrapra.com/news/2017/december/global-tire-industry-volume-forecast>. [Acedido: 31-Mai-2018].
- [6] Statista, “Largest tire manufacturers by revenue 2017 | Ranking”, *Statista*. [Online]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/225677/revenue-of-the-leading-tire-producers-worldwide/>. [Acedido: 31-Mai-2018].
- [7] Tyrepress, “Leading tyre manufacturers”, *Tyrepress*, 26-Set-2013. [Online]. Disponível em: <https://www.tyrepress.com/leading-tyre-manufacturers/>. [Acedido: 31-Mai-2018].
- [8] A. Gasser, “World’s Oldest Wheel Found in Slovenia | Government Communication Office”, Mar-2003. [Online]. Disponível em: [http://www.ukom.gov.si/en/media\\_room/background\\_information/culture/worlds\\_oldest\\_wheel\\_found\\_in\\_slovenia/](http://www.ukom.gov.si/en/media_room/background_information/culture/worlds_oldest_wheel_found_in_slovenia/). [Acedido: 10-Mai-2018].
- [9] Y. Ishikawa, “Systematic Review of Tyre Technology”, *Syst. Exam. Technol. Rep.*, vol. 16, Mar. 2011.
- [10] “L’histoire de Michelin | Michelin”. [Online]. Disponível em: <https://www.michelin.com/groupe-michelin/profil/L-histoire-de-Michelin/Les-dates/1946>. [Acedido: 28-Mai-2018].
- [11] “Bridgestone Americas History”. [Online]. Disponível em: <https://www.bridgestoneamericas.com/en/corporation/history>. [Acedido: 10-Jun-2018].
- [12] “Jaguar Associate Group - JAGazette Newsletter”, 2001. [Online]. Disponível em: <http://www.jags.org/jagazette/2000/11Nov00/tires/tires.htm>. [Acedido: 02-Jun-2018].
- [13] M. Caetano, “Pneus < Ciência e Tecnologia da Borracha”, *Ciência e Tecnologia da Borracha*, 2014. [Online]. Disponível em: [https://ctborracha.com/?page\\_id=1426](https://ctborracha.com/?page_id=1426). [Acedido: 24-Mai-2018].
- [14] Continental, “Tyre Basics - Passenger Car Tyres”. 2013.
- [15] R. N. Jazar, *Vehicle Dynamics: Theory and Application*, 1ª Edição. Springer, 2008.

- [16] M. Caetano, “Componentes < Ciência e Tecnologia da Borracha”, *Ciência e Tecnologia da Borracha*, 2014. [Online]. Disponível em: [https://ctborracha.com/?page\\_id=9475](https://ctborracha.com/?page_id=9475). [Acedido: 24-Mai-2018].
- [17] R. B. GmbH, *BOSCH Automotive Handbook*, 2ª Edição. Robert Bosch, 2004.
- [18] M. Caetano, “Construção do Pneu em Verde < Ciência e Tecnologia da Borracha”, *Ciência e Tecnologia da Borracha*, 2014. [Online]. Disponível em: [https://ctborracha.com/?page\\_id=9477](https://ctborracha.com/?page_id=9477). [Acedido: 12-Jun-2018].
- [19] “VMI Tire | Component production, Tire Building and Tire compound testing”, *VMI Group*. [Online]. Disponível em: <https://www.vmi-group.com/section/tire/>. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [20] “BI2-M12-AP6X-H1141”. [Online]. Disponível em: <https://pdb2.turck.de/en/DE/products/000000000000658f0002003a>. [Acedido: 02-Jun-2018].
- [21] “BECKHOFF New Automation Technology”. [Online]. Disponível em: <https://www.beckhoff.com/>. [Acedido: 10-Jun-2018].
- [22] “UM12-1172271 | Distance sensors | SICK”. [Online]. Disponível em: <https://www.sick.com/us/en/distance-sensors/ultrasonic-sensors/um12/um12-1172271/p/p358147>. [Acedido: 13-Abr-2018].
- [23] “TriSpector1000 SICK”. [Online]. Disponível em: <https://www.sick.com/ag/en/vision/3d-vision/trispector1000/c/g389052>. [Acedido: 02-Jun-2018].
- [24] “Thickness profile measurement in calender | Micro-Epsilon Measurement”. [Online]. Disponível em: <https://www.micro-epsilon.com/measurement-systems/rubber-tire/On-Roll-Profiltdickenmessung/>. [Acedido: 02-Jun-2018].

# **ANEXO A:**

## **CAD 2D - Mecanismo de Deteção**

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus



Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus



## **ANEXO B:**

### **Procedimento de Afinação do Mecanismo de Deteção**

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus



## Procedimento de afinação do mecanismo de deteção de emenda



### Conteúdo

1. Afinação do mecanismo..... - 2 -

Continental Mabor, Indústria de Pneus, S.A.  
Rua Adelino Leitão, 330 Apartado 5028  
EC Lousado 4761-906 Lousado PORTUGAL

Contribuinte n.º 502 322 004  
Capital Social € 31.275.000,00  
Conservatória Reg. Comercial V. N. Famalicão N.º 2523

Tel.: (+351) 252 499 200  
Fax: (+351) 252 499 523

- 1 -

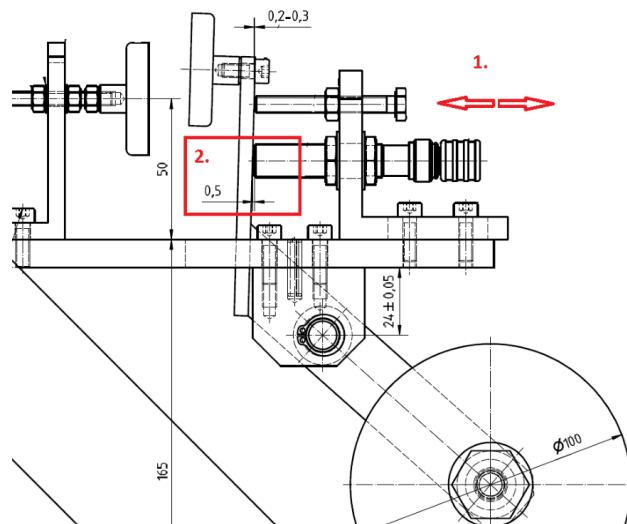


## Procedimento de afinação do mecanismo de deteção de emenda

### 1. Afinação do mecanismo

A afinação do mecanismo de deteção de emenda deverá ser efetuada na ausência de tela nas passadeiras.

1. Posicionar o parafuso de cabeça hexagonal M6, de maneira a que as rodas do mecanismo fiquem a uma distância de 0,50mm.  
Fixar o parafuso, através da porca M6.
2. Posicionar o sensor, de modo que a sua face fique a uma distância de 0,50mm da superfície de deteção.  
Fixar a posição do sensor através das porcas, com um binário de aperto máximo de 10 Nm.



- Notas: - Usar apalpa folgas de precisão para garantir o espaçamento pretendido.  
- Garantir que a superfície de deteção nunca entra em contacto com a face do sensor, com risco de o danificar.
3. Confirmar valores lidos pelo sensor na tabela de valores reais (F3), e garantir que os valores obtidos se situam num intervalo de 0,52 a 0,59mm.



## Procedimento de afinação do mecanismo de deteção de emenda

Nota: O valor para a espessura da tela não deverá estar em 0,51mm uma vez que este é o valor atribuído ao zero do sensor. Neste caso, o sensor pode estar mais próximo, da superfície alvo, do que o valor indica, o que pode levar a erros de medição.

Continental			N.º prod.:			Receita actual:		
Ont. peças:			Dur. Ciclo:					
<b>Valores reais</b>								
Descrição	Valor	Unidade	Descrição	Valor	Unidade			
Máquina			IL Comprimento total de alimentação		m			
Tambor		Graus	Temp lâmina IL		°C			
LPU		mm	<b>PLY 1</b>					
<b>Diafragma</b>			PLY 1 Tapete		mm			
Posição do Diafragma esquerdo		mm	Altura do tabuleiro PLY 1		mm			
Posição do Diafragma direito		mm	Posição do tabuleiro PLY 1		mm			
			Comprimento total de alimentação PLY 1		m			
			<b>Espessura do material PLY 1</b>	<b>0.53</b>	mm			
			Primeira posição de junção PLY 1		mm			
<b>RRD - Dispositivo de enrolamento</b>			<b>PLY 2</b>					
Largura RRD		mm	Tapete PLY 2		mm			
RRD radial		mm	Altura do tabuleiro PLY 2		mm			
RRD esquerdo		Graus	Posição do tabuleiro PLY 2		mm			
RRD direito		Graus	Comprimento total de alimentação PLY 2		m			
<b>Carretilha</b>			<b>Espessura do material PLY 2</b>	<b>0.53</b>	mm			
Largura Rolo de discos		mm	PLY 2 Primeira posição de junção		mm			
Carretilha de contorno Largura		mm	<b>RF - Reforçador de talões</b>					
<b>Anéis de viragem</b>			Altura RF 1		mm			
Anel de viragem esquerdo		mm						

Este procedimento é o mesmo para o mecanismo de deteção de emenda da 2ª tela têxtil.


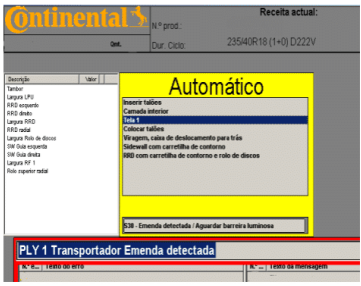
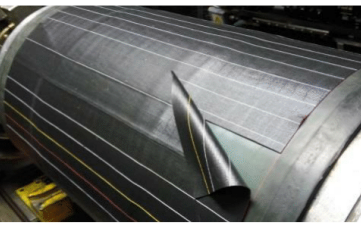
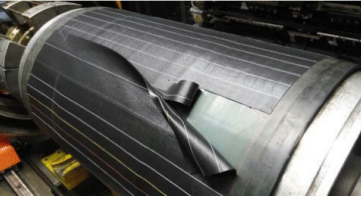
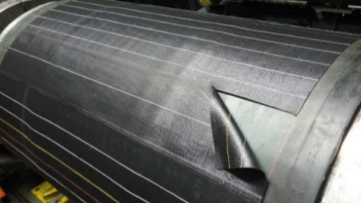

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

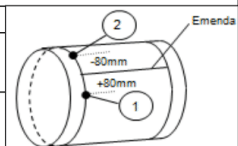
## **ANEXO C:**

### **Instrução de Trabalho para Correção de Emenda de Preparação no Fim da Tela**

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus



	<h2 style="text-align: center;">JOB Instrution</h2> <p style="text-align: center;">Folha de fraccionamento de operações</p>	
Folha Nº:		
Nome da Operação:	<b>Refazer a Emenda Positiva da tela na Construção, KM</b>	
Ferramentas e materiais necessários:	<i>n.a</i>	
<b>PASSOS IMPORTANTES</b>	<b>PONTOS CHAVE</b>	<b>RAZÕES</b>
Um segmento lógico da operação, em que algo acontece que faz avançar o trabalho	Qualquer coisa num passo que possa: 1) Causar sucesso ou fracasso do trabalho 2) Causar feitiço ao operador 3) Tornar o trabalho mais fácil (truque, liming especial, informação especial)	Razão para os pontos chave. O que acontece se não for feito assim ?
<b>Passo 1:</b> Paragem do ciclo de construção e aviso de deteção de emenda.		Avaliação da situação e reconhecimento do tipo de emenda. É dado um comprimento extra de tela, para perfazer a distância de 80 mm entre emendas. É necessário verificar que tipo de compensação foi dada.
<b>Passo 2:</b> Descolar a sobreposição de tela		Para poder retirar o devido excesso.
<b>Passo 3:</b> Retirar excesso de tela		Tirar excesso que fica por baixo. Assim emendas estarão corretamente desfazadas.
<b>Passo 4:</b> Unir fim e início de tela.		Para refazer emenda de construção.
<b>Passo 5:</b> Carregar no botão RESET EMENDA.		Para confirmar correção de comprimento de tela e poder continuar ciclo de construção.


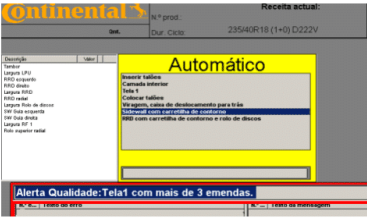
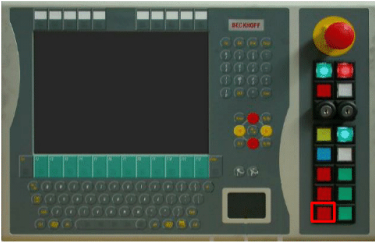


Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

## **ANEXO D:**

### **Instrução de Trabalho para Alerta de Deteção de Limite de Emendas**

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus

	<h2 style="text-align: center;">JOB Instrution</h2> <p style="text-align: center;">Folha de fraccionamento de operações</p>	
Folha Nº:		
Nome da Operação:	<i>Alerta - Tela com 3 ou mais emendas.</i>	
Ferramentas e materiais necessários:	<i>n.a</i>	
PASSOS IMPORTANTES	PONTOS CHAVE	RAZÕES
Um segmento lógico da operação, em que algo acontece que faz avançar o trabalho	Qualquer coisa num passo que possa: 1) Causar sucesso ou fracasso do trabalho 2) Causar ferimento ao operador 3) Tornar o trabalho mais fácil (truque, timing especial, informação especial)	Razão para os pontos chave. O que acontece se não for feito assim ?
<p><b>Passo 1:</b> Paragem do ciclo de construção e aviso de existência de 3 ou mais emendas.</p>		Por especificação, a carcaça do pneu não pode ter 3 ou mais emendas por tela.
<p><b>Passo 2:</b> Verificar situação.</p>	Verificar a existência de 3 ou mais emendas.	Confirmar deteção das emendas.
<p><b>Passo 3:</b> Corrigir situação.</p>	Retirar tela defeituosa e repetir ciclo.	
<p><b>Passo 4:</b> Carregar no botão RESET EMENDA.</p>		Confirma correção da situação e permite continuar ciclo de construção.

Otimização do sistema de controlo e de deteção de emendas da tela têxtil nas máquinas de construção de pneus