

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

João Eduardo Lopes Barroso Coelho Oliveira

**Melhoria de indicadores de desempenho  
numa indústria de produção de pneus**

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa

Abril de 2018

## DECLARAÇÃO

Nome:

João Eduardo Lopes Barroso Coelho Oliveira

Endereço eletrónico: jedcoo@gmail.com      Telefone: 915142884

Número do Bilhete de Identidade: 14301087

Título da dissertação:

Melhoria de indicadores de desempenho numa indústria de produção de pneus

Orientador:

Professor Doutor Sérgio Dinis Teixeira de Sousa

Ano de conclusão: 2018

Designação do Mestrado:

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar quero agradecer à Continental Mabor pela oportunidade concedida para a realização desta dissertação de mestrado, a qual proporcionou boas condições para o desenvolvimento do processo de trabalho, ao longo de seis meses.

Agradeço ao meu orientador, o Engenheiro Tiago Gomes, pela forma presente, humilde e simpática com que me acolheu desde o primeiro dia na empresa. Obrigado pelas palavras e pelo exemplo com que me ajudaste a tornar melhor profissional: “Atitude: ser profissional, ter objetivos e cumprir as tarefas!”

Dentro desta empresa também não poderia me esquecer de uma palavra especial ao Casimiro Lopes e ao José Torres, pela forma como acompanharam todo este processo. Quero agradecer sobretudo a forma como viveram os meus problemas e me fizeram crescer. A ti Torres, por todas as vezes que foste comigo à produção e aturaste os meus dilemas e a si, Casimiro, pela forma como todos os dias me deixava uma palavra bonita, da vida e do coração. Guardo-vos não só profissionalmente, mas pessoalmente.

Ao meu orientador, o professor Sérgio Sousa, pela disponibilidade e pelas sugestões desde o início, no qual me senti um pouco perdido, mas que sempre acreditei dar um bom fim.

Por fim agradeço à minha família, onde incluo os meus pais e a minha avó Felicidade. À Marta Gomes, pelo apoio incondicional, disponibilidade, conselhos e entrega total. Foste a minha âncora nos momentos que mais precisei! Aos meus amigos, em especial ao Diogo, ao Pedro, ao Zé e ao André.

Por fim, agradeço a Deus e pela forma inesperada com que me ensinou a parábola dos talentos: “Pois, a todo aquele que tem, mais se lhe há-de dar e terá de sobra, mas àquele que não tem, até o pouco lhe será tirado.” Mt 25:29.



## RESUMO

Esta dissertação de mestrado descreve um projeto de melhoria do indicador de desempenho *Yield* numa empresa da indústria automóvel, a Continental Mabor. O projeto foi desenvolvido no Departamento de Qualidade, departamento transversal a toda a organização, que tem por responsabilidade a inspeção e controlo de todo o processo produtivo da empresa.

Até ao momento inicial desta dissertação, a empresa observou uma elevada quantidade de material não conforme às especificações e que dificilmente poderia ser reaproveitado. Como tal, este projeto consistiu no combate ao desperdício existente, estudando a existência de características ou componentes do pneu que poderiam não estar conforme às especificações.

Outro dos objetivos foi a análise da largura dos *breakers*, uma cinta metálica que compõe todos os pneus e no qual foram identificadas variações, não desejadas. Foi aplicada a metodologia *Six Sigma* para reduzir a variação na largura do *breaker* e, através do método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve* e *Control*) foi possível percorrer todas as fases até à compreensão e resolução da problemática existente. Nas várias fases foram utilizadas as ferramentas básicas da qualidade, entre outras técnicas associadas ao *Lean Manufacturing* e ao *Six Sigma*.

Foram, por fim, apresentadas e implementadas várias propostas. O objetivo principal foi atingido, uma vez que o indicador de desempenho *Yield*, após seis meses, melhorou substancialmente.

## PALAVRAS-CHAVE

Controlo Estatístico de Processo, DMAIC e *Six Sigma*.



## ABSTRACT

This dissertation describes a project to improve the performance indicator Yield of an automotive industry company, the Continental Mabor.

The project was developed in Quality's Department, a department that covers the whole organization, which is responsible for inspection and control of the entire company's production process. So far, the company had noticed a high amount of material not conforming to the specifications and that could hardly be reused. As such, the basis of this project was a battle against the existing waste, studying the existence of tyre's characteristics and components that might not be conformed to the specifications.

Another objective of the project was to analyse the width of the breakers, a metal band that makes up all the tires and which were identified undesirable variations. Through the application of DMAIC methodology (Define, Measure, Analyse, Improve and Control) it was possible to go through all phases until understanding and resolve the existing problem. In the various phases, the basic tool of quality are used, among other techniques associated with Lean Manufacturing and Six Sigma.

Several proposals were finally presented and implemented. The main objective was achieved, as the performance indicator Yield, after six months, have improved substantially.

## KEYWORDS

DMAIC, Six Sigma and Statistical Process Control



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Índice de Gráficos.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento da Investigação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão Crítica da Literatura.....	5
2.1 Six Sigma.....	5
2.1.1 As ferramentas e técnicas do Six Sigma.....	7
2.1.2 Six Sigma aplicado às organizações industriais.....	7
2.1.3 Six Sigma na indústria de pneus.....	9
2.2 A metodologia DMAIC.....	9
2.3 Controlo Estatístico do Processo.....	11
2.3.1 Variabilidade dos processos.....	11
2.3.2 Cartas ou gráficos de controlo.....	13
2.3.3 Capacidade do processo.....	14
2.4 Conclusão.....	16
3. Caso de estudo.....	17
3.1 Descrição da empresa.....	17
3.1.1 Estrutura organizacional e a Direção de Qualidade.....	17
3.1.2 O <i>Quality Awards</i> .....	19
3.2 O pneu.....	20
3.3 Processo Produtivo.....	21

3.4	<i>As Cured Tired Dimensions</i> .....	22
3.4.1	O corte de secções .....	23
3.4.2	A preparação para a medição .....	24
3.4.3	A medição – o software <i>CTD Tool</i> .....	25
3.4.4	Os testes de conformidade.....	27
3.4.5	O acompanhamento de medidas.....	27
3.5	Síntese do problema em estudo .....	29
4.	Projeto de melhoria.....	31
4.1	Definição .....	31
4.1.1	Descrição do problema .....	31
4.1.2	Seleção do parâmetro a estudar.....	34
4.1.3	A distribuição Normal dos valores.....	35
4.1.4	Estudo das características do pneu .....	37
4.2	Medição.....	38
4.2.1	O estado atual da largura do <i>breaker</i> .....	39
4.2.2	Cálculo do nível sigma atual.....	40
4.3	Análise.....	42
4.3.1	Diagrama Causa-Efeito.....	42
4.3.2	O estudo do primeiro <i>breaker</i> .....	44
4.4	Melhoria .....	49
4.4.1	Códigos reduzidos sem alterações efetuadas.....	49
4.4.2	Códigos reduzidos com alterações efetuadas no processo ou produto.....	51
4.4.3	Códigos reduzidos com alterações efetuadas na especificação.....	53
4.5	Controlo.....	53
4.5.1	Impacto e eficácia das melhorias .....	54
4.5.2	Propostas de melhoria .....	55
5.	Outras melhorias no sistema de medição de secções .....	59
5.1	Caracterização do problema.....	59
5.2	Análise do problema .....	59

5.3	Proposta de ações de melhoria .....	63
5.3.1	Melhoria do sistema de digitalização .....	65
5.3.2	Introdução de um sistema de calibração do scanner .....	65
5.3.3	Melhoria da medição visual.....	65
	Conclusão .....	67
	Limitações do trabalho.....	68
	Referências Bibliográficas .....	69
	Anexo I – Continental AG .....	72
	Anexo II – Continental Mabor .....	74
	Anexo III – Componentes do pneu.....	75
	Anexo IV – Processo produtivo da Continental Mabor.....	77
	Anexo V – Folha de acompanhamentos.....	80
	Anexo VI – Valores em histórico do parâmetro G11 (10 códigos reduzidos).....	81
	Anexo VII – Sistema de acompanhamento em conjunto com a DIP (exemplo da folha excel) .....	85



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da metodologia DMAIC (Pyzdek & Keller, 2014) .....	10
Figura 2 - Curva distribuição Normal .....	12
Figura 3 – Exemplo de carta de controlo .....	13
Figura 4 - Fotografia da Continental Mabor em Lousado, Famalicão (2015) .....	17
Figura 5 - Estrutura da Direção da Continental Mabor (2017) .....	18
Figura 6 - Quality Award (Continental, 2016) .....	19
Figura 7 - Secção de corte de um pneu radial (adaptado (Continental Pneus Portugal)) .....	20
Figura 8 – Descrição básica do processo produtivo .....	21
Figura 9 - Local de trabalho do operador de CTD's .....	22
Figura 10 - Etapas do processo de trabalho nos CTD's .....	23
Figura 11 - Pneu descrito com o local das emendas .....	24
Figura 12 - Corte de secção com as marcações necessárias à medida no CTD Tool.....	25
Figura 13 - Software CTD Tool (2017) .....	26
Figura 14 - Diagrama SIPOC do processo de medição de secções .....	33
Figura 15 – Teste de normalidade de todas as medições do parâmetro G11.....	36
Figura 16 - Regressão simples dos vários componentes e características dos pneus .....	38
Figura 17 - Capacidade de processo dos histórico dos 10 códigos reduzidos .....	41
Figura 18 - Calculadora do nível sigma.....	41
Figura 19 - Diagrama Causa-Efeito dos possíveis motivos para um Yield abaixo do objetivo .....	43
Figura 20 - Causas possíveis do desvio existente entre os valores registados e o valor nominal do parâmetro G11.....	44
Figura 21 - Teste t de 2 amostras ao código reduzido 478.....	45
Figura 22 - Teste t de 2 amostras ao código reduzido 095.....	46
Figura 23 - Teste t de 2 amostras aos códigos reduzidos 655, 982, 083 e 597 .....	47
Figura 24 - Teste t de 2 amostras aos códigos reduzidos 563, 778, 949 e 959 .....	48
Figura 25 - Capacidade de processo do código reduzido 478.....	50
Figura 26 - Nova carta de controlo com limites superior e inferior de 3 mm .....	57



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valor do índice de capacidade (Oliveira, 2004) .....	15
Tabela 2 - Componentes e respectivas tolerâncias técnicas medidos no módulo KM.....	28
Tabela 3 - Componentes e respectivas tolerâncias técnicas medidos no módulo PU .....	28
Tabela 4 - Fotografia do <i>monthly status</i> desde janeiro 2016 até abril 2017 .....	32
Tabela 5 - Diferenças entre as médias dos dados e o valor nominal dos CR 563, 778, 949 e 959 .....	49
Tabela 6 - Alterações no produto da responsabilidade da DIP .....	52
Tabela 7 - Alterações do valor nominal do parâmetro G11 .....	53
Tabela 8 - <i>Monthly Status</i> do ano 2017 .....	54
Tabela 9 - Objetivo de medição de cada operador (mensal e diária) .....	59
Tabela 10 - Tarefas e respectivos tempos de cada operador .....	60
Tabela 11 - Tarefas, tempos e rendimentos de cada operador .....	61
Tabela 12 - Tempos padrão após consideração das correções.....	63
Tabela 13 - Cálculo do número de medições por turno .....	63
Tabela 14 - Total de tempo despendido na medição .....	64
Tabela 15 - Número de secções a serem medidas por cada operador (diária, semana e mensal) .....	64



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diagrama de pareto do TOP 5 dos parâmetros de medição com maior relevância no indicador Yield (Abril, 2017) .....	34
Gráfico 2 - Histórico das médias da largura do 1º <i>breaker</i> dos dez códigos reduzidos em estudo.....	40
Gráfico 3 - Novo diagrama de pareto do top 5 dos parâmetros de medição com maior relevância no indicador Yield (Setembro, 2017).....	55



## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

CEP – Controlo Estatístico de Processo

CMIP – Continental Mabor Indústria de Pneus

CR – Código reduzido

CTD's – *Cured Tire Dimensions*

DATP – Departamento de Apoio à Tecnologia do Produto

DIP – Direção de Industrialização ao Produto

DPMO – Defeitos Por Milhão de Oportunidades

DQ – Direção de Qualidade

KPI – *Key Performance Indicator*

MS – mercado de substituição

OE – *original equipment*

ppm – parte por milhão

# 1. INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo é descrito o contexto da investigação, os objetivos que se deseja atingir, a metodologia de investigação e a estrutura da dissertação de mestrado.

## 1.1 Enquadramento da Investigação

A eficiência dos processos e a melhoria contínua, aliados à globalização e exigência dos mercados atuais, são fatores estruturantes na “vida” atual de qualquer empresa do setor automóvel.

O projeto de dissertação decorreu na Continental Mabor, uma empresa dedicada à produção de pneus. Desde 2012 reconhecida como a fábrica número um da divisão de pneus da Continental, em indicadores de qualidade, tem realizado vários progressos ao nível da eficiência e gestão da qualidade do produto. A constante eliminação de fatores de variação do processo e a recorrência a projetos de análise e melhoria do sistema produtivo, têm contribuído para reduzir os custos e aperfeiçoar a qualidade dos pneus. Todo este processo segue, como base, o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) que, segundo (Filho, 2014), é um método “largamente utilizado na busca da melhoria contínua tão necessária para o sucesso dos negócios”.

Para a melhoria de processos existem várias normas, ferramentas, metodologias e técnicas que contribuem para a melhoria do desempenho dos processos e, por consequência, para a melhoria da qualidade do produto. A utilização das ferramentas da qualidade tem tido um papel fundamental na diminuição dos desperdícios que não acrescentam valor ao produto, bem como na diminuição do nível de *scrap*, ou seja, no número de pneus que, em todas as fases do processo, são designados como não conformes pelos operadores e tratados como lixo da cadeia de produção.

Na Direção de Qualidade (DQ), existe um departamento que é responsável pela “Avaliação do Produto”. Este departamento é responsável por, através de um corte transversal no pneu, avaliar a conformidade do produto final, comparando-o com os valores especificados. Trimestralmente, a Continental Mabor Indústria de Pneus (CMIP) recebe um plano da Continental AG, na Alemanha, contendo um conjunto de pneus que deverão ser enviados, para que os mesmos sejam submetidos aos mais rigorosos testes, denominados *QC Tests*. Para além disto, o departamento de Avaliação do Produto é responsável pela análise e acompanhamento de desvios que poderão acontecer no processo.

De forma a melhorar a qualidade dos serviços, é cada vez mais procurado pelas empresas, e nomeadamente pela Continental, a metodologia *Six Sigma*. Para Pande, Neuman e Cavanagh (2001)

*Six Sigma* é “um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial” e que permite, a médio-longo prazo, aumentar a competitividade do processo, alinhando requisitos e contrariando causas que afetam negativamente o produto final. A metodologia *Six Sigma* utiliza um conjunto de ferramentas qualitativas e quantitativas na melhoria do desempenho dos processos (FMEA, SPC, mapeamento de processos, etc.). Uma das formas de implementação do *Six Sigma* passa, dentro das organizações, por processos que devem ser definidos, medidos, analisados, melhorados e controlados (DMAIC). Os processos transformam *inputs* em *outputs*, ou seja, se os *inputs* forem controlados, os *outputs* estarão também eles controlados.

No sentido de definir qual é a origem de um problema, deve-se começar por identificar as causas. O Diagrama de *Ishikawa* permite obter um conhecimento mais profundo e organizado das causas de variação do processo, com vista a maximizar a conformidade do produto final.

O estudo da variabilidade do processo passa pela aplicação do Controlo Estatístico do Processo (CEP) e das respetivas ferramentas por forma a controlar e especificar parâmetros influenciadores do produto final. As cartas de controlo assumem, assim, um papel fundamental, uma vez que, segundo Werkema (1995), “qualquer bem ou serviço produzido apresenta uma variação decorrente de variações no processo produtivo”.

Deste modo, todas as ferramentas e técnicas referidas anteriormente serão analisadas e utilizadas ao longo da presente dissertação.

## **1.2 Objetivos**

A inovação nos procedimentos de controlo da variabilidade dos processos exige um investimento e empenho crescente, por parte das organizações, por forma a melhorar a eficácia dos processos produtivos. Melhorar o indicador de desempenho que sofreu influência direta da medição de secções de um pneu é o problema em estudo desta dissertação de mestrado.

O objetivo principal desta dissertação é a melhoria do indicador de performance *Yield*, um índice que mede a performance dos parâmetros de medição de secções de um pneu.

Como objetivos específicos pretende-se:

- Realizar controlo estatístico do processo, utilizando índices de capacidade de processo ( $C_p$  e  $C_{pk}$ );
- Analisar as causas dos desvios face ao valor nominal e estudar possíveis ações de melhoria;
- Melhoria do nível sigma do projeto em estudo;
- Melhoria dos indicadores de performance relativamente à medição de secções;

- Identificar e implementar ações de melhoria no processo de acompanhamento dos artigos;
- Fazer a análise e melhoria do sistema de medição de secções.

### **1.3 Metodologia de investigação**

A metodologia utilizada nesta dissertação para responder aos objetivos estabelecidos, foi a metodologia caso de estudo. É uma investigação que envolve os vários colaboradores da empresa, desde as chefias aos operadores, passando pelos supervisores e demais técnicos.

Em primeiro plano, a investigação iniciou-se com a definição do problema em causa, seguindo-se uma revisão da literatura com base no tópico definido. A investigação foi planeada e procedeu-se à recolha de dados e análise dos mesmos. A escrita do presente trabalho, foi realizada posteriormente.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo refere-se à introdução, onde está explicado sucintamente o enquadramento da investigação bem como os objetivos para ela referenciados.

No segundo capítulo realiza-se a revisão crítica da literatura, sendo o foco principal a metodologia DMAIC, com base na filosofia *Six Sigma*, onde poderá ser aplicado o ciclo Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. São apresentados casos concretos de estudos realizados em empresas ligadas à indústria de pneus. Também é referenciado o controlo estatístico de processo.

O terceiro capítulo apresenta o caso de estudo. Inicia-se pela apresentação geral da empresa, apresentação do produto e a descrição básica do processo produtivo. Para além disso, é apresentada a equipa de avaliação do produto, de forma a contextualizar o leitor do processo de conformidade das secções. Por fim, faz uma contextualização do problema em estudo, de forma a focar e justificar a revisão crítica da literatura, realizada anteriormente.

O quarto capítulo é dedicado ao projeto de melhoria implementado através do ciclo DMAIC.

O quinto capítulo apresenta as principais conclusões respetivas ao trabalho desenvolvido pelo autor, sugerindo também ações de melhoria futuras.



## 2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

Este capítulo tem por base as técnicas e aspetos fundamentais para o entendimento das temáticas abordadas, para criar resultados eficazes e eficientes no desenvolvimento deste trabalho na empresa Continental Mabor.

A presente revisão é uma breve caracterização do cenário atual onde a popularidade da qualidade parece ter amadurecido, após a era da Qualidade Total, desde a passagem de século. As bases de Juran, Deming e de vários especialistas japoneses da qualidade, deram origem a novos sistemas da qualidade e a mesma deixou de apenas ser uma prática industrial para também começar a ser usada pelo governo, saúde e educação.

Atualmente, a prática da qualidade tem sido não só adotada pelas empresas, como também vista como meio essencial de progresso e valor agregado. No setor da indústria automóvel, a procura da eficiência dos processos, diminuição de erros e aumento da competitividade têm sido os maiores obstáculos com os quais as organizações de hoje se debatem.

Neste capítulo são feitas considerações gerais sobre a metodologia *Six Sigma*, aliada a uma sequência de cinco passos chamada DMAIC. Esta sequência serve de base à dissertação, na qual o autor da mesma se baseia para encaminhar o processo de melhoria do indicador de desempenho. Melhorar um processo ou produto é mudar a forma pela qual as coisas são feitas, sabendo de antemão que nem todas as mudanças resultarão em melhoria.

Por fim, procede-se à definição e caracterização básica do conceito de CEP, descrevendo a inerente variabilidade afeta aos processos, caracterizando os vários tipos de cartas de controlo existentes e clarificando os cálculos associados à capacidade do processo.

### 2.1 Six Sigma

O *Six Sigma* é uma implementação eficaz, focada e rigorosa dos princípios e técnicas da qualidade. Foi introduzido pelos engenheiros Bill Smith e Mikel J. Harry enquanto trabalhavam na *Motorola* no ano de 1986, tendo mais tarde atingido enorme popularidade, após implementação na *General Eletrics*, incorporando o trabalho de vários pioneiros nesta área. O principal objetivo desta metodologia é reduzir drasticamente a variabilidade do processo.

*Sigma*,  $\sigma$ , é uma letra do alfabeto grego que, em Estatística, é a sigla usada para o desvio-padrão de uma população. A performance de uma empresa é atualmente medida pelo nível de sigma nos seus processos. Assim, o termo *Six Sigma* refere-se a uma medida estatística de taxa de defeitos num

sistema (Clegg, Pepper, & Spedding, 2010). Segundo Pacheco, Pergher, Vaccaro, Jung, & Caten (2015), a metodologia *Six Sigma* pode ser definida como uma abordagem baseada em dados para resolver problemas complexos através da identificação das causas-raiz, da solução e do controlo estatístico da solução.

Tradicionalmente, a maioria das empresas aceitavam o nível de performance correspondente entre 3 e 4 sigma, o que significa mais de seis mil defeitos por um milhão de oportunidades. Enquanto isso, o padrão *Six Sigma* regista apenas 3,4 defeitos em um milhão de oportunidades. Segundo Campos (1999), o conceito *Six Sigma* é uma nova forma de medir o quanto um produto é bom. Quando um produto cumpre o *Six Sigma* isto diz-nos que a sua qualidade é excelente, significando que a probabilidade de produzir defeitos é extremamente baixa. Esta mudança de paradigma corresponde a uma enorme resposta ao aumento de expectativas dos consumidores, à complexidade dos produtos e processos cada vez mais modernizados. Reconhecendo todas as vantagens da sua implementação, as organizações tentam explorar as suas capacidades no sentido de beneficiar o máximo da sua aplicação. A crescente prática desta metodologia à escala global, criou empresas mais competitivas e exigentes, alterações da cultura empresarial, diminuição da margem de erro e mais eficiência. Apesar de tudo, é essencial que o *Six Sigma* não seja visto como apenas uma abordagem científica, mas também como uma cultura a implementar nas organizações.

Para Pyzdek & Keller (2014), a filosofia de *Six Sigma* tem por base a aplicação de um método científico, composto pelas seguintes fases:

1. Observar e identificar as causas possíveis do problema;
2. Desenvolver uma hipótese consistente com as observações;
3. Fazer previsões baseadas na hipótese formulada;
4. Testar as previsões conduzindo experiências ou realizar mais observações cuidadas. Guardar todas as observações. Modificar a hipótese com base em novos factos descobertos. Se a variação existir, deve-se usar ferramentas estatísticas para separar os dados ruído;
5. Repetir os passos 3 e 4 até não existirem discrepâncias entre a hipótese e os resultados obtidos nas experiências.

Todavia, só a aplicação do método não é suficiente. A colaboração de todas as hierarquias, ou seja, de todos os interessados na organização, é fundamental para garantir a eficácia do plano. Consequentemente, as organizações têm despendido cada vez mais tempo e recursos na implementação desta filosofia, de modo a que todos os intervenientes se responsabilizem e se sintam parte integrante do processo.

### 2.1.1 As ferramentas e técnicas do Six Sigma

O *Six Sigma* utiliza duas metodologias para a melhoria do processo: a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), aplicada em processos existentes, e a metodologia DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design e Verify*) para processos não existentes. Pyzdek & Keller (2014) afirmam que, após vinte anos de experiência a implementar esta filosofia, há atualmente vários estudos científicos que comprovam a eficiência da sua implementação, através da criação de requisitos que são essenciais nas organizações:

- Liderança de topo – os líderes devem cultivar a inovação, assegurar os objetivos e o progresso. Reduzir hierarquias, formação, ultrapassar barreiras da experiência e mudança bem como a revisão de outras medidas, permitem experimentar novas ideias sem receios;
- Infraestrutura – usando a experiência já adquirida, os líderes devem dirigir o desenvolvimento e a formação;
- Comunicação e consciência – tais passos são necessários para cultivar uma mudança eficaz onde a inovação e a criatividade possam florescer;
- Sistema onde todos são ouvidos – as organizações devem criar um sistema onde exista comunicação aberta com os clientes, funcionários e fornecedores;
- Sistema de monitorização dos processos – criação de uma estrutura capaz de assegurar a melhoria contínua dos processos, incluindo a existência de indicadores de monitorização do progresso e sucesso;
- Seleção do projeto – os projetos *Six Sigma* são propostos para melhorar processos de fabrico, com a presença de pessoas com conhecimentos ao nível da organização;
- Implementação do projeto – os projetos *Six Sigma* são conduzidos por equipas de projeto lideradas por *Black Belts* – indivíduos altamente qualificados na liderança de equipas de projeto *Six Sigma*.

Apesar de a abordagem parecer simples, não é de todo fácil. Contudo, os resultados experienciados no passado justificam o esforço necessário. A implementação de um projeto *Six Sigma* tem apresentado melhorias de performance muito significativas ao nível financeiro, operacional e na satisfação dos clientes.

### 2.1.2 Six Sigma aplicado às organizações industriais

Esta subsecção apresenta casos de estudo de implementações do *Six Sigma* em pequenas, médias e grandes indústrias.

Existem várias organizações que apresentaram exemplos de implementação do *Six Sigma*, uma das quais já faladas anteriormente, a Motorola. O sistema *Six Sigma* foi implementado na Motorola de forma experimental, a fim de resolver os problemas de qualidade que ocorriam frequentemente na empresa. A Motorola é conhecida por ser o inventor deste sistema e, através dos seus testes, obteve resultados brilhantes que tiveram influência no desempenho geral desta organização. A General Electric é outra empresa que tirou benefício do *Six Sigma*, surgindo como uma das empresas mais bem-sucedidas dos anos 90. Apesar de contratar os melhores funcionários e implementar tecnologia de ponta, esta empresa enfrentou problemas com a qualidade dos produtos e serviços. Estes problemas foram facilmente resolvidos após a implementação do *Six Sigma*.

Foram vários os estudos conduzidos desde então. O estudo de Anthony et al. (2005) demonstra a aplicação da metodologia DMAIC para reduzir o problema do sobreaquecimento do motor, numa indústria de automóveis. Safwat e Ezzat (2008) apresentaram o *Six Sigma* e a metodologia DMAIC, por forma a diminuir a taxa de lixo numa empresa de injeção de moldes de plástico. Este artigo compara a proporção média de lixo antes e depois do estudo. Deshmuk e Lakhe (2008) aplicaram a metodologia *Six Sigma* aliada ao DMAIC num modelo de estudo para reduzir desperdícios em pequenas e médias empresas especializadas na manufatura de caixas enrugadas.

O trabalho de Su et al. (2009) demonstra o uso e a eficiência da metodologia *Six Sigma* para o estudo do processo de fabricação de um semicondutor, aplicando este método no dielétrico inter-metal, no sentido de reduzir o número de defeitos e resíduos. O estudo de Liu e Li (2011), realizado na cadeia de recursos humanos da Motorola Inc., demonstrou através das fases do DMAIC, que seria possível melhorar o sistema de contratação e formação de funcionários da empresa. O estudo atingiu o seu objetivo: diminuiu-se o tempo de contratação e dinheiro investido, e demonstrou-se a habilidade e facilidade do *Six Sigma*. Jirasukprasert et al. (2012) aplicou os princípios do *Six Sigma* para estudar defeitos, as causas principais e obter uma solução para remover o defeito de vazamento, numa empresa de produção de luvas. O estudo de Grupta e Komar (2014) também usou esta metodologia para determinar e analisar as causas principais do problema que levou a quedas nos lucros, perda de quota de mercado e aumento da insatisfação dos clientes numa empresa de compósitos de papel de alumínio.

Apesar de já ser um conceito conhecido e promovido internacionalmente, ainda existem muitas empresas que não passaram do 3 ou 4 *sigma* até ao nível de 6 *sigma*. O *Six Sigma* não só tem permitido apenas realizar melhorias nos processos, como também obrigar as empresas a rever o seu estado atual, com base em evidências estatísticas (Erbiyik & Saru, 2015). Para a maior parte das

empresas o nível *sigma* é um processo que apenas mede as melhorias dos processos e a taxa de defeitos. Mas o *Six Sigma* também identifica e elimina defeitos ou falhas nas características do produto, dos processos, desempenho do sistema e satisfação dos clientes.

### 2.1.3 Six Sigma na indústria de pneus

Para Govindan et al. (2016) a literatura revela que a maior parte de desperdício dos países desenvolvidos provém da indústria automóvel e no total dos desperdícios desta indústria, a maior parte do desperdício advém da manufatura de pneus. Existem várias barreiras enfrentadas durante o retrabalho destes resíduos.

Por todo o mundo, apenas alguns estudos foram realizados para a indústria de pneus e a maior parte estão focados no planeamento e análise da rentabilidade do retrabalho de pneus para automóveis e camiões (Lebreton & Tuma, 2006), análise dos valores em sucata (de Souza & Márcio de Almeida, 2013) e na análise dos fatores de gestão de fim de vida dos materiais (Kannan, Diabat, & Shankar, 2014). Dunn Tire é o caso de uma empresa em que o *Six Sigma* ajudou na melhoria dos seus sistemas (Klein, 2013).

Vários estudos demonstraram melhorias nas empresas que aplicaram esta metodologia. Algumas das melhorias mais notáveis foram a melhoria do fluxo do processo, aumento do valor e redução do tempo de processo. Além disto, alguns investigadores propuseram metodologias para melhorar o processo de fabricação de pneus em empresas das quais poucas implementaram bons sistemas de *Six Sigma*.

Na próxima secção será apresentado o método DMAIC, uma das práticas utilizadas para melhorar a capacidade dos processos, na indústria automóvel.

## 2.2 A metodologia DMAIC

Se a metodologia de melhoria da qualidade *Six Sigma* tivesse de ser resumida em apenas uma única palavra, seria o acrónimo DMAIC. A estrutura DMAIC fornece uma estrutura capaz de criar um 'processo fechado' (Pyzdek & Keller, 2014). Esta abreviação enumera as várias etapas do processo *Six Sigma* quando pretendemos implementar melhorias num determinado processo. Contudo, o DMAIC não é exclusivo do *Six Sigma* e pode ser usado como estrutura noutras aplicações de melhoria.

A sigla DMAIC refere-se às cinco fases que constituem a metodologia: *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control*. Na figura 1 está esquematizado o raciocínio do método e descrito com mais detalhe as tarefas incluídas em cada etapa.

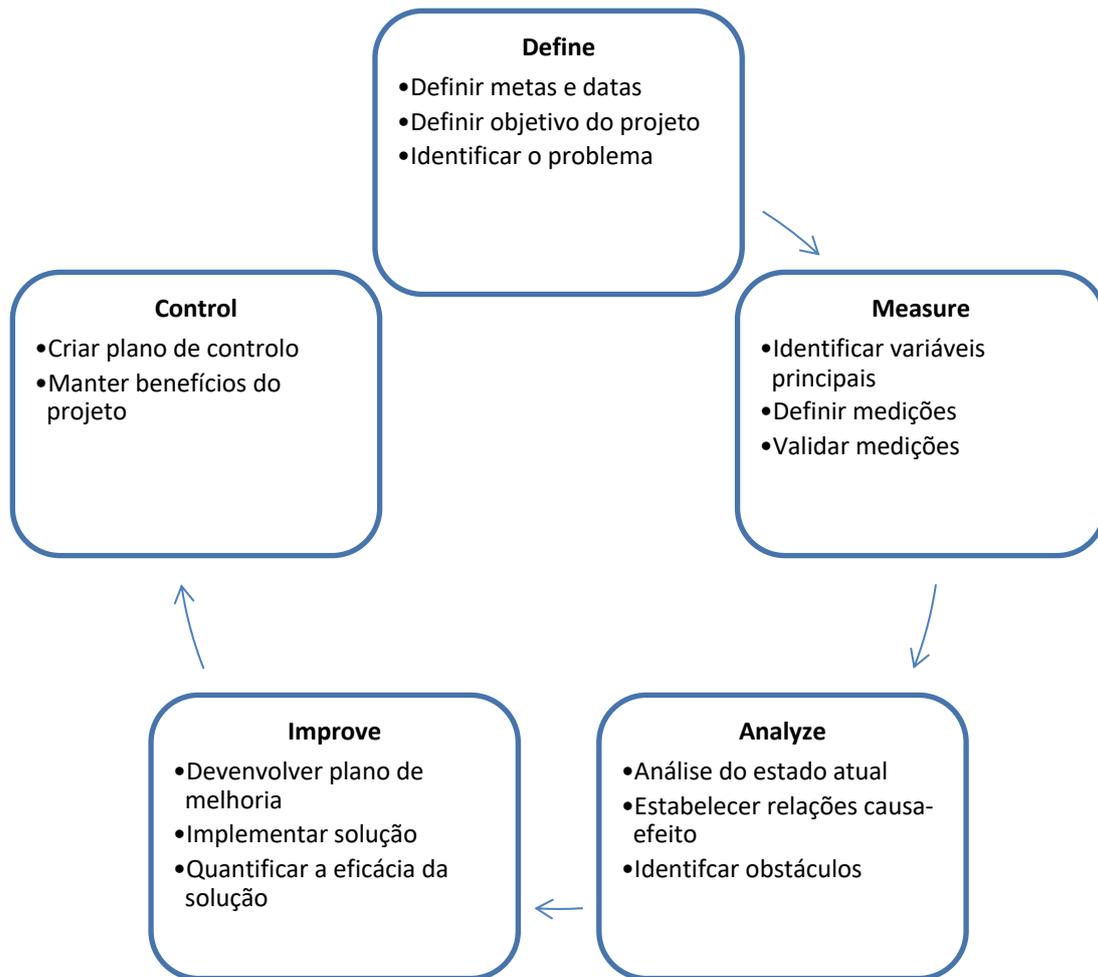


Figura 1 – Etapas da metodologia DMAIC (Pyzdek & Keller, 2014)

Todas as etapas do DMAIC são obrigatórias e na seguinte ordem:

- *Define* – é a primeira fase do processo de melhoria. Nesta fase é descrito o problema com o maior detalhe possível. Os limites e o objetivo do projeto são delineados e acordados e frequentemente é criado um diagrama de Gantt. O diagrama define os recursos potenciais e uma linha do tempo do projeto. Um dos pontos essenciais desta fase é acordar um objetivo potencial para mais tarde verificar se foi atingido;
- *Measure* – Como o processo DMAIC é sobretudo sobre melhoria, é necessário iniciar a avaliação desde o ponto inicial. Isso requer a identificação de métricas de desempenho objetivas que podem ser usadas futuramente para comparar o estado final com o estado de pré-melhoria. A importância desta etapa não pode ser subestimada, pois determinará a qualidade dos dados, fase crucial para a avaliação imparcial do sucesso do projeto;
- *Analyze* – uma vez coletados os dados, começa-se a analisar as causas do problema. Poderá existir mais do que uma causa raiz. Dados e análises devem levar a equipa de projeto a

concordar sobre as principais causas potenciais e cada uma deve ser considerada até a suspeição ser eliminada;

- *Improve* – claramente o objetivo do DMAIC é a melhoria, mas após as etapas anteriores serem realizadas é possível identificar, implementar e testar uma solução. Em alguns casos, as soluções serão óbvias e aparentes, outras poderão necessitar de uma sessão de brainstorming, juntando a criatividade da equipa de projeto;
- *Control* – o controlo é uma parte crítica, mas muitas vezes esquecida. O objetivo desta etapa é garantir que as melhorias serão parte integrante no futuro. Esta etapa envolve também a possibilidade de testar se a metodologia de melhoria pode ser aplicada a outros processos ou substituída na organização para aproveitar o que foi aprendido.

O processo DMAIC pode ser tão complexo ou simples quanto a necessidade. Mas o conceito tem mérito sobretudo para quem procura uma estrutura para melhorar o processo de uma empresa. A aplicação desta metodologia aos projetos ajudará a melhorar as perspetivas de sucesso.

## **2.3 Controlo Estatístico do Processo**

O controlo estatístico do processo é geralmente lembrado como um conjunto de ferramentas capazes de melhorar a qualidade dos processos reduzindo a variabilidade dos mesmos, produzindo produto conforme às especificações. Segundo Montgomery (2009), existe quer um aspeto técnico, quer um aspeto filosófico relacionado com o CEP. O aspeto filosófico consiste na vontade de uma organização melhorar os processos bem como as estratégias de gestão. O aspeto técnico consiste num conjunto de métodos estatísticos delineados de variadas formas para monitorizar e observar a variabilidade e defeitos num processo. As quatro etapas básicas do CEP são medir o processo, eliminar a variação indesejável do processo, monitorizar o processo e melhorar continuamente o mesmo.

### **2.3.1 Variabilidade dos processos**

Nenhum produto produzido em série é idêntico a outro. Independentemente da indústria, existe sempre um pequeno grau de variação entre produtos.

No entanto, no CEP, diferencia a variação entre causas comuns e causas assinaláveis. As causas comuns são desvios existentes, naturalmente presentes no processo, face ao valor nominal. As causas assinaláveis, por outro lado, são variações causadas por algum erro no processo, que geralmente representa máquinas indevidamente ajustadas, erros dos operadores ou matéria-prima defeituosa

(Montgomery, Runger, & Hublele, 2011). Quando a variabilidade não é controlável, por vezes a solução passa por intervir no sentido de alterar o processo ou o produto.

Na inspeção do produto, as variáveis contínuas seguem uma distribuição Normal e o desvio padrão da população, definida pela amplitude da curva do gráfico (figura 2), mede a dispersão de valores.

Considere-se uma população cuja variável em análise siga uma distribuição Normal. Se for retirada uma amostra de  $n$  elementos e cada elemento designado por  $x_i$ , cuja média é  $\bar{X}$ , pode-se estimar a média da população por [1] e o desvio padrão da população por [2]:

$$\mu_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad [1]$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad [2]$$

onde,

$x_i$  = valor da amostra;

$n$  = tamanho da amostra;

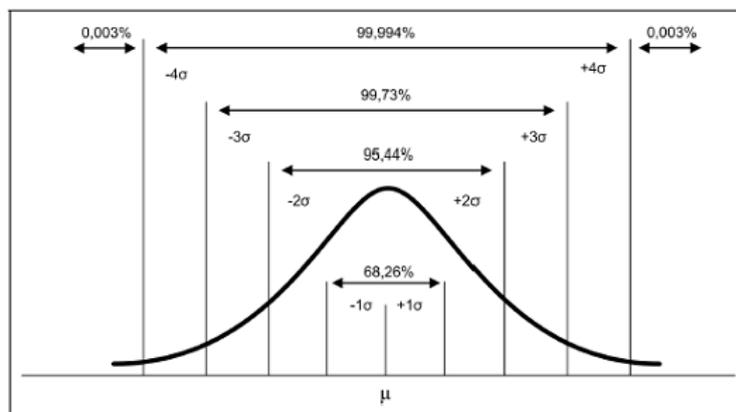


Figura 2 - Curva distribuição Normal (Fonte: <http://www.portaaction.com.br/probabilidades/62-distribuicao-normal>)

A figura 2 representa a proporção da produção esperada dentro dos valores de  $\mu \pm 1\sigma$ ,  $\mu \pm 2\sigma$ ,  $\mu \pm 3\sigma$  e  $\mu \pm 4\sigma$  que representam os limites de variabilidade natural do processo (tolerâncias naturais). Supondo que um *breaker* tem 320 mm de largura e 10 mm de desvio padrão, a partir do conhecimento da distribuição normal, 68,26% dos *breakers* situavam-se dentro de 10 mm ( $\mu \pm 1\sigma$ ), 95,44% dos *breakers* situavam-se dentro de 20 mm ( $\mu \pm 2\sigma$ ) e assim sucessivamente.

Quando se implementa o CEP pela primeira vez é necessário ter alguns cuidados, uma vez que excessivos ajustamentos feitos ao processo poderão provocar um aumento global da variabilidade dos

resultados. Por isso, é muito importante avaliar o comportamento geral da amostragem, através das médias e desvio padrão, com o uso de cartas ou gráficos de controle.

### 2.3.2 Cartas ou gráficos de controle

Segundo Oliveira (2004), os gráficos ou cartas de controle são uma ferramenta da qualidade que estuda a variabilidade do processo e as condições específicas de um determinado produto. A redução da variabilidade à volta do valor nominal do produto promove uma melhor qualidade.

Shewhart, no ano de 1920, criou cartas de controle de dois tipos:

- Gráficos por variáveis – os dados são recolhidos por um processo de medição.
- Gráficos por atributos – onde os dados proveem de um processo de contagem, conforme e não conforme.

Nos gráficos por variáveis, o controle de processo é efetuado por intermédio de dois gráficos: um gráfico das médias das amostras e um gráfico das amplitudes das amostras ou dos desvios padrão das amostras.

Os gráficos de controle das médias têm uma linha central, que representa o valor médio do processo e dois limites de controle, inferior e superior que são usados para identificar a ocorrência de mudanças na média do processo (figura 3). Se for observado alguns pontos fora dos limites de controle, poderemos estar perante a presença de causas de variação especiais, que devem ser analisadas.

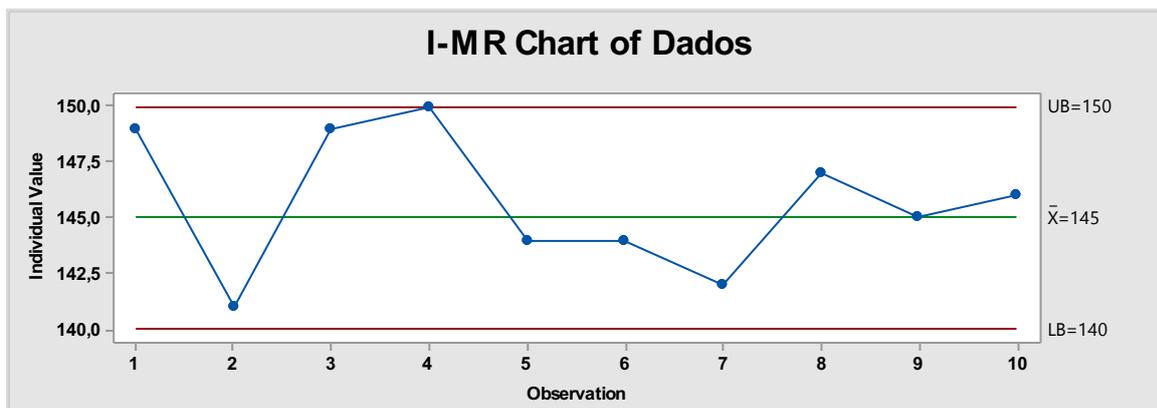


Figura 3 – Exemplo de carta de controle

Os gráficos dos valores individuais e amplitudes móveis utilizam-se quando o tamanho da amostra ( $n$ ) é igual a 1, usando como estimativa para a variação do processo a amplitude móvel de duas ou mais observações sucessivas.

Após conclusão da verificação do processo utilizando os limites de controlo e se concluir que o processo se encontra sob controlo estatístico, pode-se analisar a capacidade do processo em estudo (Chrysler Corporation, 2005).

### 2.3.3 Capacidade do processo

Calcular a capacidade de um processo passa por determinar se o processo tem aptidão para produzir, por exemplo, pneus dentro das tolerâncias de especificação.

Para analisar a capacidade utilizamos o índice de variação do processo ( $C_p$  e  $P_p$ ) e o índice de variação e centralização do processo ( $C_{pk}$  e  $P_{pk}$ ).

A avaliação de desempenho de um processo estuda a variabilidade de cada processo comparando o desempenho do processo com a variação máxima permitida pela tolerância, o que se traduz na seguinte equação 3:

$$P_p = \frac{\text{intervalo de tolerância}}{\text{dispersão}} = \frac{LSE - LIE}{6s} \quad [3]$$

O processo ( $P_p$ ) tem capacidade quando o valor deste indicador for igual ou superior a 1,33. Uma vez que, por si só, o desempenho do processo não deteta se o mesmo está ou não centrado, utiliza-se o índice de desempenho do processo,  $P_{pk}$  [6]. Tendo em conta a média do processo, calcula-se a tolerância superior ou inferior, à média, segundo o valor mínimo de PPU [4] e PPL [5]:

$$PPU = \frac{LSE - \bar{X}}{3s} \quad [4]$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LIE}{3s} \quad [5]$$

Deste modo,

$$P_{pk} = \min(PPU, PPL) \quad [6]$$

A avaliação de capacidade do processo é realizada com base no cálculo dos índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  que são iguais aos índices de desempenho do processo.

O cálculo do  $C_p$  é calculado através da seguinte equação 7:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\bar{R}/d_2} \quad [7]$$

O índice de capacidade  $C_{pk}$  é sempre menor ou igual ao índice  $C_p$  e é dado pelo valor mínimo de CPU e CPL, através das seguintes equações [8], [9] e [10]:

$$CPU = \frac{LSE - \bar{X}}{3\bar{R}/d_2} \quad [8]$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSE}{3\bar{R}/d_2} \quad [9]$$

$$Cpk = \min(CPU, CPL) \quad [10]$$

A capacidade do processo é avaliada segundo a seguinte tabela 1:

*Tabela 1 - Valor do índice de capacidade (Oliveira, 2004)*

<b>Valor do índice de capacidade</b>	<b>Processo</b>
< 1	Incapaz
1 a 1,33	Aceitável
> 1,33	Capaz

Os Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO) ou partes por milhão (ppm) são métricas utilizadas para definir a qualidade dos processos. Os DPMO são utilizados na metodologia *Six Sigma* para calcular o nível sigma do projeto, ao passo que os ppm são mais utilizados num contexto industrial para determinar a qualidade do produto (Pande et al., 2000).

Na equação 11 está representada a fórmula de cálculo do DPMO:

$$DPMO = \frac{n^{\circ} \text{ defeitos}}{\text{total oportunidades} \times \text{quantidade inspecionada}} \times 10^6 \quad [11]$$

Define-se oportunidade como qualquer possibilidade de ocorrência de não conformidade ou não cumprimento das especificações requeridas (Mehrjerdi, 2011). Quanto mais baixo o valor de DPMO, maior é o valor de sigma, ou seja, menos defeitos e melhor qualidade do produto.

A seguinte equação 12 representa o cálculo das ppm.

$$ppm = \frac{n^{\circ} \text{ defeitos}}{\text{quantidade inspecionada}} \times 10^6 \quad [12]$$

## 2.4 Conclusão

Neste capítulo realizou-se a revisão crítica da literatura dos conceitos que estão relacionados com o projeto subjacente a esta dissertação de mestrado. Com base nesta revisão ficou explícito a importância da aplicação do *Six Sigma* em contexto organizacional. Após explicação breve do conteúdo teórico desta metodologia procedeu-se à identificação de trabalhos recentes que a aplicaram em problemas semelhantes quer em organizações industriais quer mais concretamente na indústria produtora de pneus, analisando os resultados esperados, as dificuldades e os pressupostos.

A partir desta revisão tentou-se responder a várias questões relativamente ao estudo de caso que se seguirá no capítulo 3. Questões como: qual a importância do uso do *Six Sigma* na resolução de problemas industriais? Será que a metodologia DMAIC dá resposta às necessidades de uma indústria altamente competitiva como o setor automóvel? Quais são, nos dias de hoje, os métodos científicos amplamente seguidos pelos gestores das organizações? Quando foram aplicados, tiveram sucesso?

Vários estudos anteriores sugerem que a implementação rigorosa do *Six Sigma* aliado à metodologia DMAIC tem provas mais do que dadas. O estudo dos três pontos referidos neste capítulo 2 (*Six sigma*, DMAIC e CEP) permitiu reter informações importantes sobre os principais métodos utilizados no setor automóvel, mais propriamente na manufatura de pneus. Tais informações servirão de base à investigação levada a estudo nesta dissertação.

### 3. CASO DE ESTUDO

Neste capítulo será apresentada uma breve descrição da empresa, a sua estrutura organizacional, o produto, o processo produtivo e o departamento onde foi realizada a dissertação de mestrado. Por fim, é contextualizado o problema.

#### 3.1 Descrição da empresa

A Continental AG é uma empresa na área da indústria de pneus e foi fundada em 1871, na cidade de Hannover (Anexo I). A Continental está dividida em dois grandes grupos: o grupo Automotivo e o grupo da Borracha. Dentro do grupo da Borracha, a Continental Mabor Industria de Pneus é a empresa que se apresenta em destaque ao nível da qualidade, na divisão de pneus. O presente caso de estudo foi desenvolvido nesta empresa situada em Lousado, Famalicão, visível na figura 4.



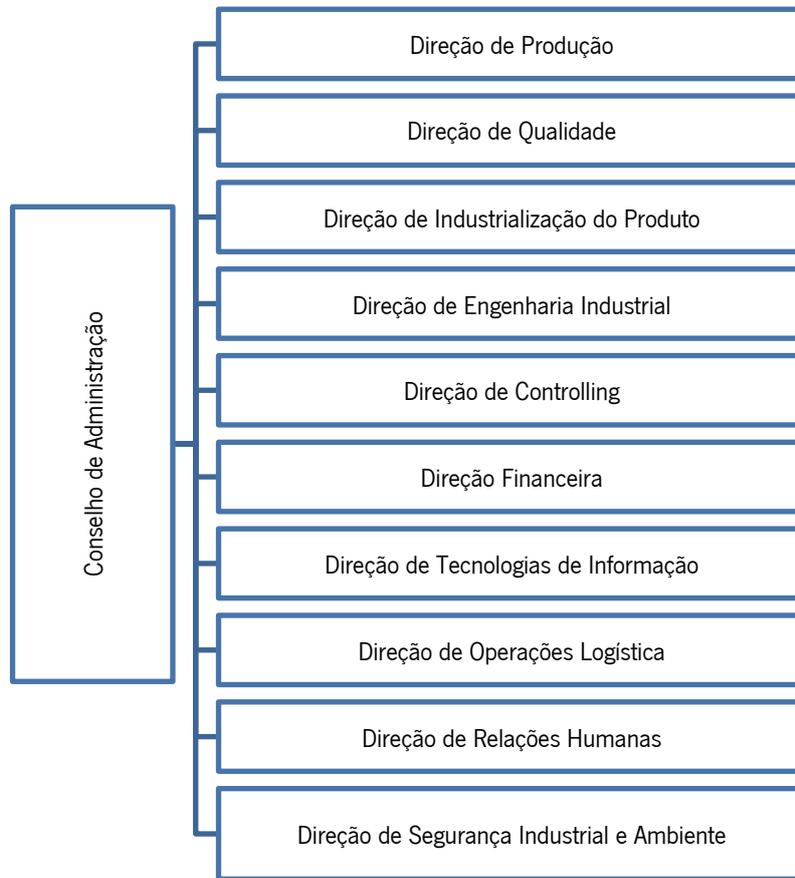
*Figura 4 - Fotografia da Continental Mabor em Lousado, Famalicão (2015)*

A CMIP foi fundada em 1940, tendo sido a primeira fábrica de produção de pneus em Portugal (Anexo II). Cerca de 98% da produção da desta empresa destina-se à exportação, sendo que mais de metade é absorvida pelo mercado de substituição (MS) e o restante é distribuído para os grandes construtores da indústria automóvel, o mercado *original equipment* (OE).

A política da CMIP assenta nos seus compromissos, na sua missão e visão: ser líder na divisão de pneus da Continental.

##### 3.1.1 Estrutura organizacional e a Direção de Qualidade

A Continental Mabor está estruturada com um número reduzido de hierarquias de modo a tornar a comunicação mais célere, eficiente e o mais plana possível. Na figura 5, pode-se verificar a estrutura das direções presentes na empresa:



*Figura 5 - Estrutura da Direção da Continental Mabor (2017)*

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida na Direção de Qualidade. Este departamento tem como responsabilidades:

- Monitorizar os processos nas várias áreas, tomando ações, quando necessário, de modo a garantir o cumprimento das especificações dos processos e produtos;
- Participar e dinamizar os diferentes grupos de análise de problemas e melhoria contínua dos produtos e processos de fabrico, utilizando as diversas ferramentas da qualidade;
- Realizar o Planeamento da Qualidade;
- Planear e gerir o Plano de Calibrações dos dispositivos de medição e monitorização;
- Realizar os ensaios de aprovação e controlo no Laboratório de Matérias-Primas e Laboratório de Ensaio de Materiais em Processo;
- Desenvolver os Programas de CEP;
- Programar, planear e gerir o Sistema de Auditorias internas da empresa;

- Gerir o processo relativo às Auditorias de Clientes;
- Participar na elaboração dos planos de controlo da Empresa e garantir a sua execução;  
Analisar os custos de não qualidade e promover a implementação de ações corretivas e preventivas necessárias e adequadas;
- Garantir a aplicação dos conteúdos do cliente e a sua divulgação pela organização.

### 3.1.2 O *Quality Awards*

O *Quality Awards* (figura 6) é um prémio atribuído, anualmente, às direções de qualidade das várias fábricas de pneus da Continental.



*Figura 6 - Quality Award (Continental, 2016)*

Sendo a qualidade um fator chave e a base de todo o sucesso da Continental, este prémio pretende reconhecer, entre as várias fábricas a que atingiu melhores níveis de performance e melhores resultados em termos de melhoria comparativamente ao ano anterior. Este prémio é atribuído pela Continental AG, em Hannover, desde o ano de 2008. No ano de 2016, a Continental Mabor foi a vencedora.

Os critérios determinantes para a escolha dos vencedores são baseados na performance de sete diferentes indicadores de desempenho da qualidade:

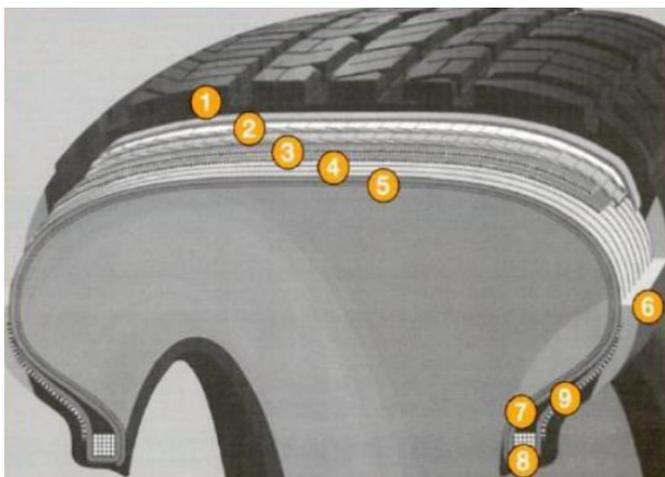
- Reclamações OE – representa a quantidade de pneus reclamados pelos clientes de equipamento de origem. É medido em ppm;
- Reclamações MS – representa a quantidade de pneus reclamados pelos clientes de mercado de substituição. É medido em ppm;
- *Yield* de Uniformidade OE – representa a percentagem de pneus que se encontram dentro da tolerância da uniformidade, requerida pelo cliente de equipamento de origem, quanto aos parâmetros: *radial composite*, primeiro harmónico, lateral e conicidade;
- OE *Warehouse Yield* – representa a percentagem de pneus de primeira escolha armazenados e prontos para venda a clientes de equipamento de origem;

- *Compound Excellence* – mede o índice de conformidade de cada composto relativamente à especificação dos parâmetros físicos;
- *Process Excellence* – mede a *performance* do processo produtivo. É calculado com base no Cp e Cpk através de um conjunto de amostras do processo;
- *Scrap I-IV* – representa o custo do *scrap* gerado nas diferentes etapas do processo produtivo.

### 3.2 O pneu

Nesta secção faz-se uma breve descrição das diferentes partes que constituem um pneu de automóvel. Na CMIP são produzidos pneus com jantes que variam entre as 14 e as 22 polegadas. Não produzindo somente pneus da marca Continental, produz pneus de outras marcas como a Uniroyal, Semperit, Mabor, Barum, Viking, entre outras.

Na figura 7, é possível visualizar todos os componentes presentes num pneu:



1. Piso
2. Cinta têxtil
3. Cinta metálica ou *breaker*
4. Tela têxtil
5. Camada ou *innerliner*
6. Parede
7. Cunha de talão
8. Núcleo do talão
9. Reforço do talão

Figura 7 - Secção de corte de um pneu radial (adaptado (Continental Pneus Portugal))

O principal componente de estudo nesta dissertação é a cinta metálica ou mais comumente chamado, o *breaker*. O *breaker* é uma cinta constituída por cordas de aço, que tem por funções principais no pneu, reter a forma e estabilidade direcional, reduzir a resistência ao rolamento e aumentar a longevidade do mesmo.

Um dos processos com maior influência no processo produtivo é a vulcanização. Uma das grandes dificuldades para os engenheiros, que diariamente trabalham na CMIP, é controlar este processo. No caso dos *breakers*, a vulcanização provoca a diminuição da largura dos mesmos. Esta diminuição deveria ser um valor constante, mas não se tem verificado o mesmo. Uma vez que o *breaker* se trata de um componente constituído por arames ou fios sobrepostos que se interlaçam entre si, as altas temperaturas do processo de vulcanização provocam o arrastamento da borracha adjacente e, por

consequência, a largura do *breaker* decresce de forma inconsistente, verificando-se variações, posteriormente, no produto final. Esta informação é relevante para entender o capítulo 4.

Para mais informações relativas a cada um dos componentes, materiais e funções do pneu, consultar o anexo III.

### 3.3 Processo Produtivo

Nesta secção, apresenta-se uma visão geral do processo produtivo desde a transformação das matérias-primas até ao produto final. O processo de produção de um pneu na CMIP, é constituído por três fases:

- Receção das matérias-primas necessárias para a construção do produto;
- Processo produtivo para a construção do produto;
- Armazenamento e expedição de produto acabado.

O processo produtivo está dividido em cinco etapas asseguradas por cinco departamentos, descritos na figura 8:



Figura 8 – Descrição básica do processo produtivo

O processo de produção de um pneu inicia-se pela fase da misturação (departamento I). A misturação consiste em misturar as matérias-primas que, após a passagem em máquinas específicas, seguem para a fase posterior. A fase da preparação (departamento II), é responsável pela produção de todos os componentes necessários para a construção do pneu, e está dividido em dois subdepartamentos: a preparação a quente e a preparação a frio. A fase de construção (departamento III) divide-se em dois processos, sendo ambos realizados no mesmo módulo: a construção da ‘carcaça’ na máquina KM (união da camada, tela, talão e paredes) e a construção do ‘pneu em verde’ na máquina PU (união do *breakers*, *cap ply* e piso). De seguida, o ‘pneu em verde’ é sujeito a altas temperaturas e pressões durante cerca de dez minutos, dentro de moldes que lhe conferem um formato específico. Esta é a fase da vulcanização (departamento IV). Por fim, os pneus passam na Inspeção Final (departamento V), a fim de serem aprovados para comercialização.

Para informação mais pormenorizada é possível consultar o anexo IV.

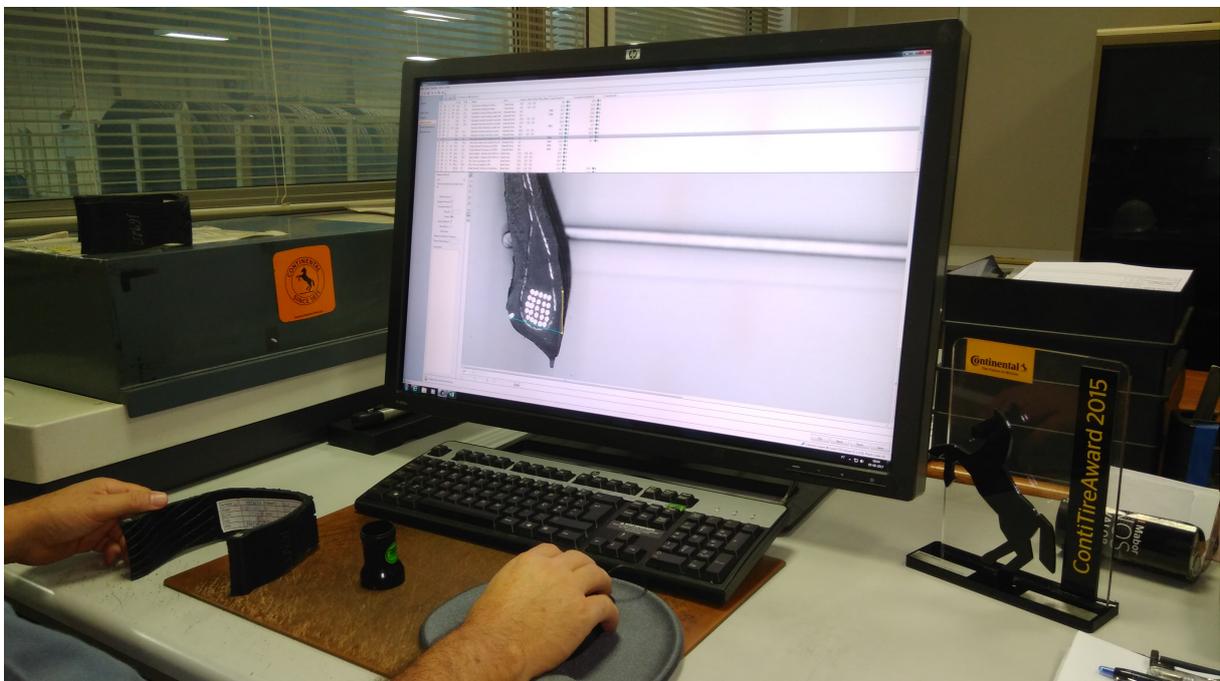
### 3.4 As Cured Tired Dimensions

As *Cured Tire Dimensions* (CTD's) são medições realizadas ao pneu, por operadores ou técnicos de CTD's, num software específico para o efeito, o *CTD Tool*. A Avaliação de Produto (ao qual pertencem estes operadores) é uma equipa da Direção da Qualidade, mais concretamente do Departamento de Laboratórios, Clientes e Sistemas, responsável por várias funções ligadas à avaliação da conformidade do pneu.

As suas funções abrangem tarefas de controlo e requisitos legais e obrigatórios, tais como:

- A medição de secções dos pneus;
- Preparação e envio de pneus para cumprimento do plano de testes na Continental AG, em Hannover;
- Acompanhamento de desvios e implementação de ações no processo.

O rigor e a qualidade no desenvolvimento das funções exigem um elevado nível de conhecimento dos pneus produzidos. Este trabalho só faz sentido com o envolvimento e a interação dos vários departamentos da fábrica, servindo de 'motor' para mudanças e avanços que afetem positivamente o produto final. Com um mercado cada vez mais competitivo e uma maior exigência por parte dos clientes, esta equipa constitui uma mais-valia para o produto.



*Figura 9 - Local de trabalho do operador de CTD's*

A função de medição de secções (figura 9) de pneus é analisar, através de um corte de uma secção do pneu, se o mesmo foi construído de forma a cumprir todas as especificações de processo e exigências

do cliente. É uma função que verifica parâmetros mensuráveis e visuais de um pneu vulcanizado, analisando o *layout* e características de todos os materiais envolvidos, através do corte de duas secções. A frequência de controlo mínima é de uma medição anual por cada artigo.

O processo de trabalho (figura 10) inicia-se com a seleção dos artigos que serão controlados, com base numa lista definida pela Continental AG, em Hannover, seguindo-se o corte de 2 secções do pneu e a sua preparação numa esmeriladora. As secções seguem então para o técnico de CTD's que analisará cada secção por forma a garantir que todos os parâmetros exigidos são cumpridos.

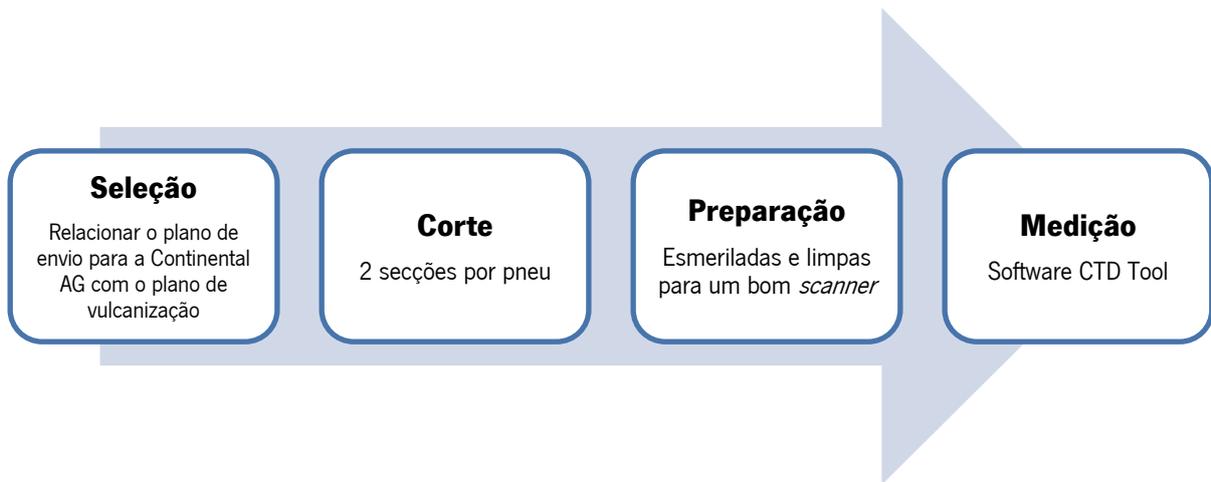


Figura 10 - Etapas do processo de trabalho nos CTD's

#### 3.4.1 O corte de secções

Na unidade de corte, os pneus são cortados dando lugar às secções que posteriormente serão analisadas. A primeira fase deste processo passa por analisar a localização das emendas que são visíveis no pneu, tais como a emenda da camada, da tela, da parede e do piso, representados na figura 11.

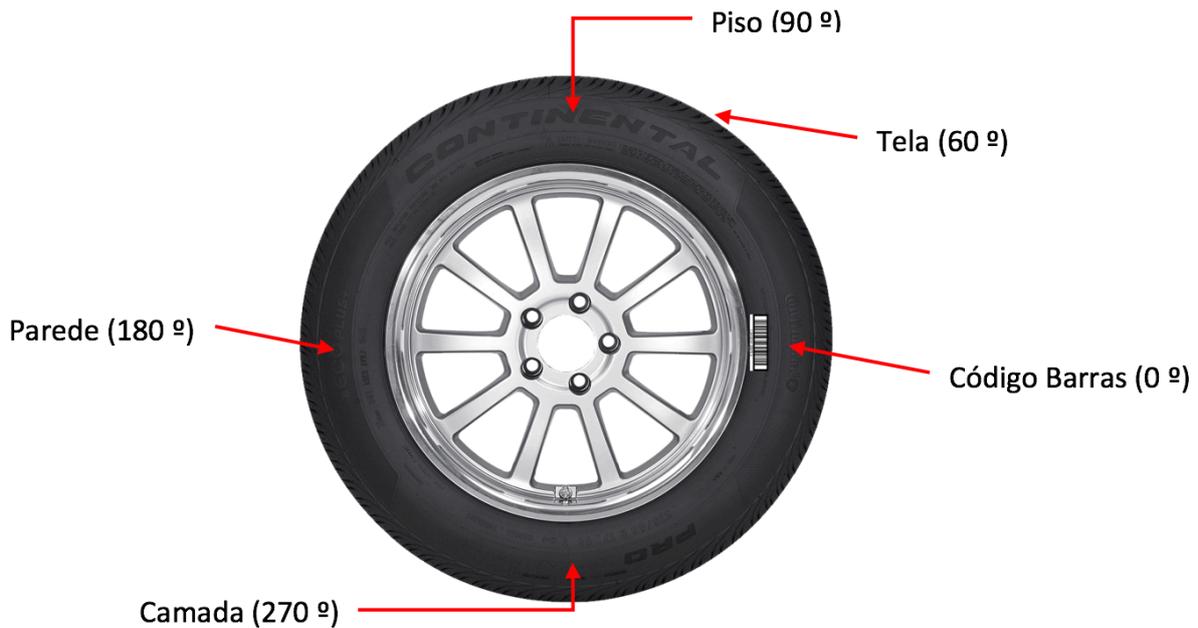


Figura 11 - Pneu descrito com o local das emendas

Grande parte dos artigos têm por base o *Spot 1*, ou seja, com uma localização do código de barras a 0°, a emenda da tela a 60°, do piso a 90°, da parede a 180°, e da camada a 270°.

Após localizar as emendas, o operador coloca o pneu na máquina de corte, efetuando o corte de duas secções desfasadas entre si 180°. Isto não só permite a quem avalia as secções garantir que o pneu é analisado como um todo, mas também verificar se há diferenças entre ambas as secções. Por fim, o operador esmerila as secções por forma a garantir a limpeza e refinamento da qualidade da borracha com o intuito de melhorar o passo seguinte: a preparação para a medição.

#### 3.4.2 A preparação para a medição

A fase da preparação já ocorre no gabinete da equipa de Avaliação do Produto. Conforme é possível visualizar na figura 12, o técnico de CTD's, com o auxílio de uma caneta cinza (uma vez que a mesma é indicada para escrever em pneus), inicia a marcação de dois pontos TS (*treading/sidewall*). Estes pontos correspondem à linha divisória entre a borracha do piso e da parede. Após estas marcações, utilizando a régua, traça o centro do pneu MT (*middle of tire*), ou seja, a linha central entre os pontos TS marcados anteriormente. Em último lugar, marca os pontos BR (*bead radius*) nos dois talões. Esta marcação exige o auxílio de um pequeno objeto especialmente desenhado para o efeito.

Tanto o TS como o BR devem ser marcados de ambos os lados do pneu, ou seja, quer do lado SS (*sidewall side*) – o lado externo do pneu – quer do lado OSS (*opposite sidewall side*) – o lado interno do pneu. Todas as marcações são realizadas nas duas secções cortadas, a secção A e B.

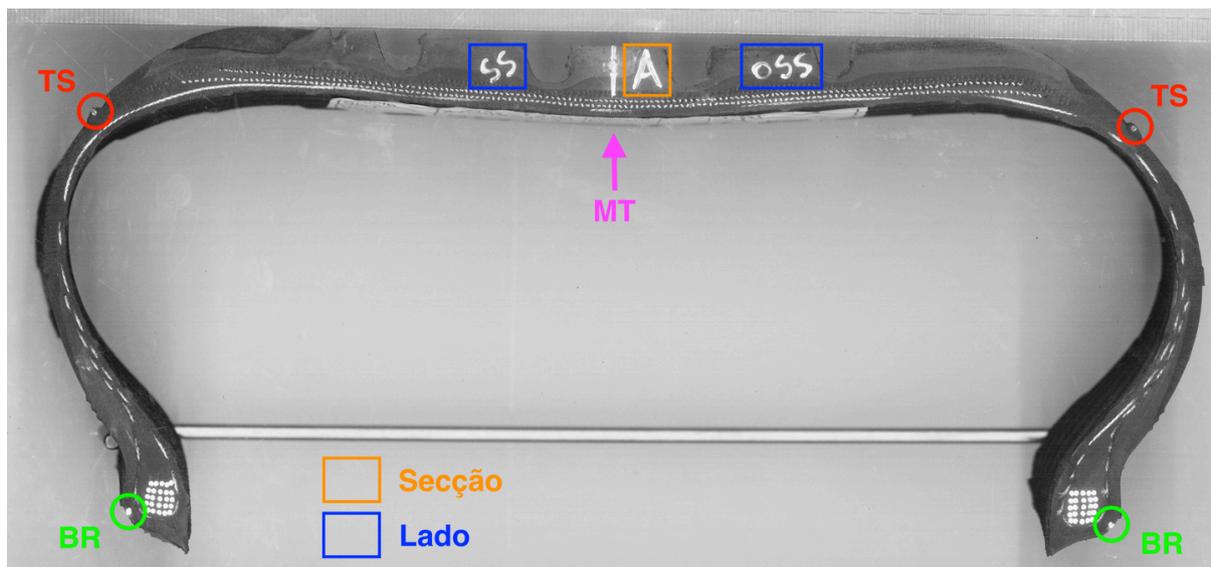


Figura 12 - Corte de secção com as marcações necessárias à medida no CTD Tool

Após a realização das marcações do pneu (figura 12), o operador coloca alinhada transversalmente a primeira secção, a secção A, dentro do *scanner*. Efetua a digitalização da mesma, transformando um objeto num código digital que é transmitido no ecrã. A mesma operação é realizada com a secção B. Por fim, o operador pode iniciar a medição.

#### 3.4.3 A medição – o software *CTD Tool*

O *CTD Tool* é um *software* de medição pertencente à Continental AG (figura 13). Este *software* veio substituir, no ano de 2012, as medições que até então eram realizadas manualmente pelo operador. Este *software* tem por base uma série de parâmetros de medição que pretendem avaliar, quer do ponto de vista mensurável, quer do ponto de vista visual, o pneu em análise.

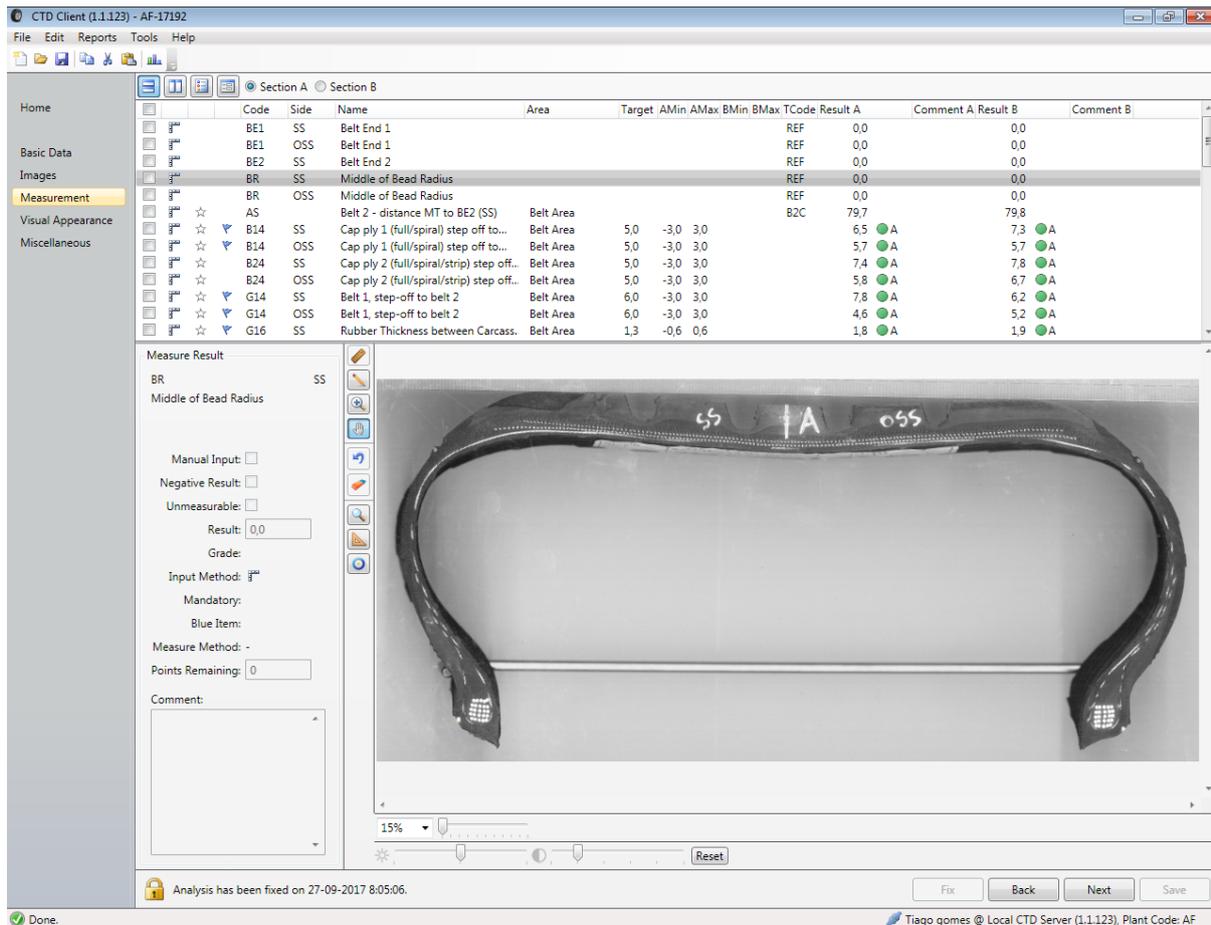


Figura 13 - Software CTD Tool (2017)

Existem cerca de quarenta parâmetros mensuráveis e cerca de vinte parâmetros visuais. Todos os parâmetros mensuráveis têm por base as marcações manuais anteriormente realizadas pelo operador. O processo inicia-se pela marcação de parâmetros auxiliares, tais como o BE1 (*belt end 1*), o BE2 (*belt end 2*) e o BR. Todos os parâmetros pretendem avaliar a largura dos vários componentes do pneu e as distâncias relativas entre os mesmos. Os valores medidos de todos os parâmetros são registados e guardados em histórico. Os parâmetros que não se encontrem dentro dos valores especificados, têm uma nota negativa: *grade B*. Os parâmetros que cumpram o intervalo de especificação são conotados positivamente: *grade A*. Alguns parâmetros são chamados de *blue items*, uma vez que assumem preponderância na avaliação das CTD's. São exemplos de *blue items* o parâmetro G11 (largura do 1º *breaker*) e o G21 (largura do 2º *breaker*).

No final da avaliação das secções, é atribuída uma nota final à prestação das mesmas: o *Key Performance Indicator* (KPI) – um indicador chave de desempenho, avaliado entre 0 e 5 pontos. Por cada parâmetro com *grade B* atribuído, são subtraídos 0,1 pontos, e por cada parâmetro *blue item* com *grade B* atribuído são subtraídos 1,5 pontos. Assim, basta que apenas um *blue item* seja conotado com *grade B* para que a secção não passe nos testes de avaliação.

O valor do indicador KPI indicará o procedimento a seguir:

- $0 \leq \text{KPI} < 4,5$  – A secção reprova no teste de medição. Será realizado um novo teste a agendar;
- $4,5 \leq \text{KPI} < 4,7$  – A secção passa no teste de medição. Contudo entrará no chamado 'plano de ações', para ser reanalisada pela Direção de Industrialização do Produto (DIP);
- $4,7 \leq \text{KPI} \leq 5$  – A secção passa no teste de medição e será fixada.

Apenas as secções fixadas (KPI superior a 4,7 pontos) serão enviadas para Alemanha. Seguirá, então, uma amostra de vários pneus, pertencente à mesma série de produção, a fim de serem sujeitos aos testes de conformidade: os *QC Tests*. Se não passar nos testes, a Continental AG informa a CMIP a fim de serem cortados mais pneus, até que se encontre uma série amostral que cumpra as especificações exigidas.

#### 3.4.4 Os testes de conformidade

Os *QC Test* são testes laboratoriais realizados na Continental AG, em Hannover, que servem para verificar a conformidade do pneu. A frequência e escolha dos artigos a serem testados são definidas pela *Quality Management Research and Development*.

Os resultados dos testes são classificados em A, B e C e representam a performance relativa dos pneus quando testados sob condições controladas. Os objetivos dos testes são:

- Previsão da *performance* do pneu em uso comum;
- Confirmar o cumprimento dos requisitos legais;
- Avaliação do processo produtivo;
- Verificação do nível de performance do pneu:
  - Nível de performance ao longo do tempo;
  - Detecção de falhas relativas ao processo produtivo.

Os artigos que passam o teste de conformidade são, por fim, validados e são-lhe atribuídas as condições necessárias para chegarem ao consumidor final com garantia de qualidade.

#### 3.4.5 O acompanhamento de medidas

O registo de várias secções com parâmetros fora das especificações, exigiu aos técnicos a procura de soluções que otimizassem o processo de medição. Um dos problemas associadas à medição de secções era o facto dos vários componentes do pneu apenas serem medidos após o processo de

vulcanização, ou seja, quando o produto já está finalizado. Esta situação configura uma situação de desvantagem, uma vez que permitia avaliar e monitorizar os problemas associados, mas minorava as possibilidades de entender a origem do problema. Assim, como forma de abordar esta questão, a equipa de Avaliação do Produto realiza o acompanhamento de medidas na fase da construção, ou seja, antes da vulcanização, quando ainda os componentes estão em “verde” e não sofreram alterações físicas provocadas pelas altas temperaturas. Esta introdução de funções permitiu a comparação do antes e depois do processo de vulcanização.

Os acompanhamentos são realizados com a ajuda de uma simples folha, em Anexo V, que deve ser preenchida pelo operador de CTD's junto dos módulos da fase de construção do pneu. O *target* de cada componente varia entre os vários artigos, mas as tolerâncias técnicas são idênticas. Todas as medições são realizadas em milímetros.

São medidos os seguintes componentes, no módulo KM, referidos na tabela 2:

*Tabela 2 - Componentes e respetivas tolerâncias técnicas medidos no módulo KM*

<b>Componente</b>	<b>Tolerâncias técnicas (mm)</b>
Camada	$\pm 5$
1ª tela	$\pm 3$
2ª tela	$\pm 3$
Cunha de talão	$\leq 49,9 \pm 2$ ; $\geq 50 \pm 3$
Largura das paredes	$\pm 3$
Reforço de talão	Têxtil $\pm 2$ ; Metálico $\pm 1,5$

Por sua vez, também são medidos os componentes introduzidos, no módulo PU, referidos na tabela 3:

*Tabela 3 - Componentes e respetivas tolerâncias técnicas medidos no módulo PU*

<b>Componente</b>	<b>Tolerâncias técnicas (mm)</b>
1º breaker	$\pm 1,5$
2º breaker	$\pm 1,5$
Cap ply	$\pm 1$
Largura total do piso	$\pm 4$
Largura da base do piso	$\pm 3$

Após a realização do acompanhamento, todos os dados são inseridos numa base de dados. Todos as medições serão comparadas com os resultados finais medidos no software *CTD Tool*, após vulcanização do pneu. Isto não só permite analisar as variações ocorridas no processo de vulcanização como estudar o comportamento do pneu na conformidade das especificações impostas nos vários parâmetros em análise.

### **3.5 Síntese do problema em estudo**

O principal objetivo deste projeto é a melhoria do indicador de performance *Yield*, no Departamento de Avaliação do Produto. O objetivo é atingir a percentagem de *Yield* 78%.

Para elevar o indicador de performance, começou-se por avaliar quais os parâmetros ou diretrizes que o mesmo tinha em avaliação. Como tal, executou-se uma avaliação para compreender as causas que levam a um elevado número de seções medidas com parâmetros fora das especificações e, consequentemente, um baixo *Yield*. O primeiro passo será uma análise do histórico das medições: entender se há desvios significativos, quais os parâmetros críticos e secundários, analisar os dados recolhidos, perceber variações no processo produtivo e, por fim, criar um sistema ou método de medição sustentável e eficaz. O trabalho deste projeto não se centra no processo produtivo ou de medição de seções, mas sim, nas variáveis que influenciam ou poderão influenciar os indicadores de performance.

Os objetivos do projeto foram estipulados pela equipa de medição de CTD's, juntamente com a aprovação da Direção de Qualidade. Por forma a garantir o cumprimento destes objetivos, foi essencial que toda a equipa compreendesse e estivesse aberta a possíveis mudanças na forma como habitualmente desempenhavam as suas funções.



## 4. PROJETO DE MELHORIA

O presente capítulo encontra-se estruturado segundo a metodologia DMAIC. A aplicação das diferentes fases como a definição do problema, medição, análise da situação atual, propostas de melhoria e monitorização ou controlo futuro tem como meta principal melhorar o indicador de performance *Yield*.

### 4.1 Definição

A fase definir no processo DMAIC, foca-se sobretudo na compreensão de quais são as métricas que irão refletir o sucesso do projeto. Nesta etapa são definidos os problemas ou oportunidades de melhoria, as metas e o objetivo do projeto com clareza. De seguida, o problema é apresentado usando ferramentas típicas da metodologia DMAIC que permitirão descrever o problema relacionado com a largura dos *breakers*, com o intuito de compreender o que está inerente ao problema e, desta forma, delinear ações para a fase seguinte.

#### 4.1.1 Descrição do problema

O processo de medição de secções possui um conjunto de indicadores associados a metas, estabelecidas pela Continental AG. No entanto, o indicador de desempenho mais importante no processo de medição é o chamado *Yield*. O *Yield* é um indicador da percentagem de secções em que o resultado da medição se encontra dentro das especificações técnicas. O *Yield* [13] é calculado pelo quociente da quantidade de secções medidas com  $KPI \geq 4,7$  (secção fixada) pelo total de secções medidas ao longo de um determinado período de tempo.

$$Yield = \frac{Total\ de\ secções\ fixadas}{Total\ de\ secções\ medidas} \times 100 \quad [13]$$

No quadro seguinte (tabela 4), é possível verificar o número de secções medidas pelos técnicos de CTD's, desde janeiro de 2016 até abril de 2017:

Tabela 4 - Fotografia do monthly status desde janeiro 2016 até abril 2017

	2016												2017			
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
<b>Secções medidas</b>	103	110	122	116	136	138	126	122	144	124	142	139	168	97	119	120
<b>Secções fixadas</b>	68	75	81	84	83	89	81	78	105	78	90	88	106	55	79	75
<b>KPI mensal</b>	4,97	4,98	4,98	4,98	4,99	4,97	4,98	4,98	4,98	4,98	4,97	4,98	4,94	4,97	4,96	4,96
<b>KPI (objetivo)</b>	4,90															
<b>% Yield</b>	66%	68%	66%	72%	61%	64%	64%	64%	73%	63%	63%	63%	60%	66%	66%	69%
<b>% Yield (objetivo)</b>	78%															

O objetivo mensal da Direção de Qualidade é um KPI de 4,9. Os valores KPI referidos no quadro, apenas incluem as secções que foram fixadas. Apesar de continuamente serem cumpridos os objetivos do indicador da performance de medição de secções, o valor do *Yield* não está nos valores pretendidos pela DQ, sendo prioritário intervir de modo a que a Continental Mabor se mantenha como uma das melhores fábricas do segmento dos pneus. Ao longo da escala temporal, referida na tabela 4, o registo atual do indicador está com um valor médio de 66%. O objetivo do departamento a médio-longo prazo é atingir a percentagem de *Yield* 78%.

São vários os fatores que poderão estar a influenciar este indicador. Como tal, criou-se um diagrama SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output e Client*) para compreender o processo subjacente e as razões do alto nível de secções medidas fora das especificações.

## SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta que pretende ajudar a equipa de *Six Sigma* a identificar todos os elementos relevantes de determinado processo, antes do início dos trabalhos. Permite sobretudo ganhar maior conhecimento sobre determinada atividade e identificar onde estão as oportunidades de melhoria (Petenate, 2012).

A figura 14 mostra um diagrama SIPOC do processo de medição de uma secção. Uma primeira análise permite visualizar o *input* obrigatório (fatores de entrada) e o *output* desejado no processo.

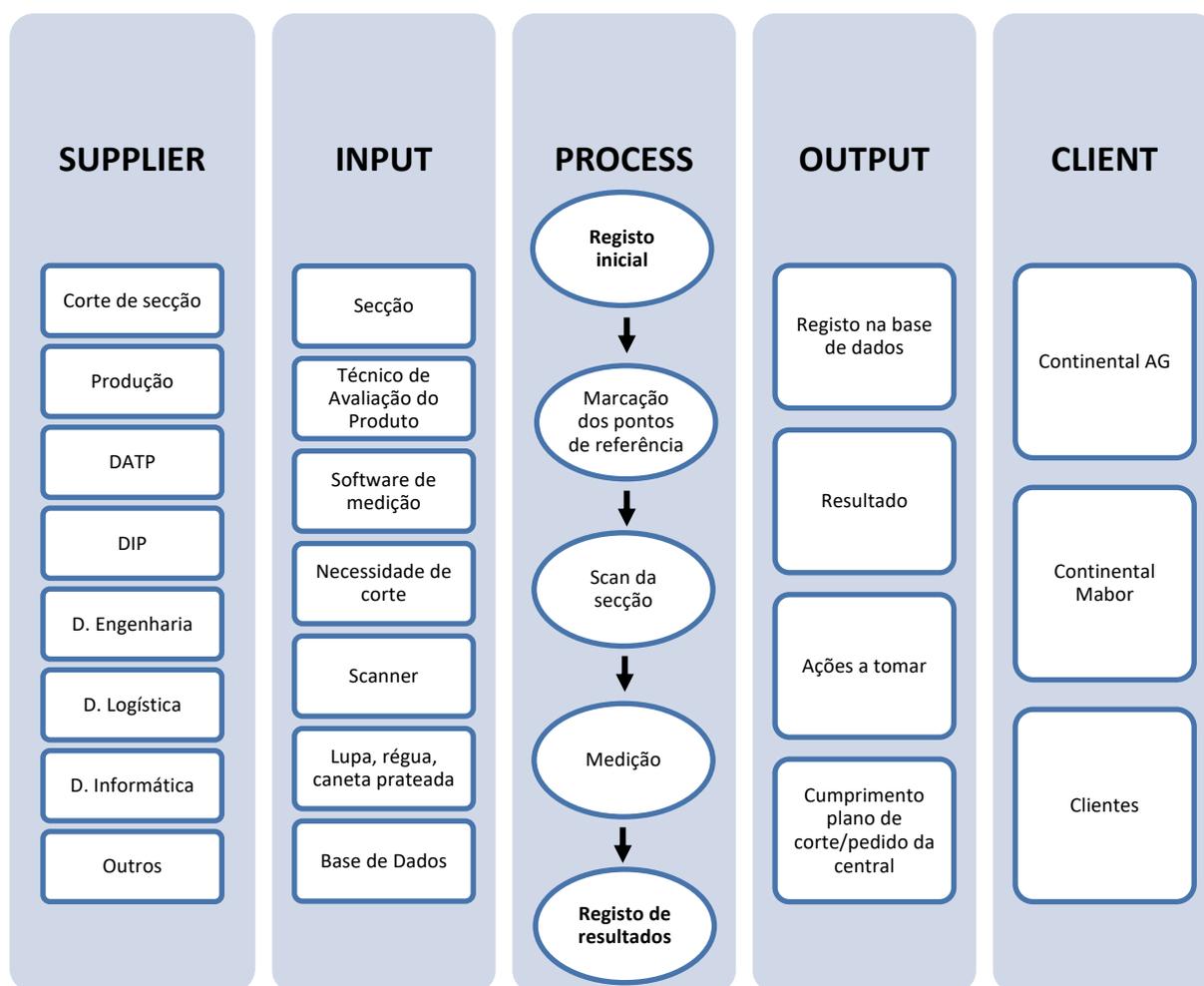


Figura 14 - Diagrama SIPOC do processo de medição de secções

A realização do SIPOC foi o ponto de partida para uma visão mais alargada, envolvendo a representação dos fornecedores (*suppliers*) e dos clientes (*clients*).

Para compreender de que forma o *Yield* estava a ser afetado, foi realizada uma sessão de *brainstorming*, com a presença de dois elementos da Direção de Qualidade, juntamente com um elemento da DIP e outro do Departamento de Apoio à Tecnologia do Produto (DATP) no sentido de identificar qual ou quais as causas de poderiam estar a influenciar este indicador.

Os *input's* mais significativos são o '*software* de medição' e o '*scanner*', uma vez que o êxito de ambos constitui um ponto fundamental no processo de medição de secções. Por sua vez, os *output's* considerados relevantes foram as '*ações a tomar*' após avaliação negativa, bem como o '*cumprimento do plano de corte*', pedido pela Continental AG.

O '*software* de medição' *CTD Tool* é um fator importante dado que cada secção medida e analisada, poderá conter erros de informação na sua base de dados ou erros de inserção do operador. O '*scanner*' também poderá ser um fator a ter em conta, uma vez que este pode influenciar as medições por má calibração. Quanto aos *output's*, as '*ações a tomar*', embora não relacionadas diretamente

com a medição, assumem um papel fundamental na contínua monitorização do processo e da cultura *kaizen* implementada dentro da empresa. Quanto mais medidas de pneus forem reavaliadas e corrigidas, maior a probabilidade de diminuição de medições fora das especificações.

Embora estes sejam apontados como os itens que poderão ter maior influência na medição dos CTD's, é importante referir que todo o processo de produção e sistema de medição de um pneu estão sujeitos a interferências internas e externas que, no seu conjunto, influenciam na qualidade do produto final. Mais adiante, serão estudados os fatores mensuráveis relativos às medições realizadas no *CTD Tool*, ao longo de cerca de dois anos e meio.

#### 4.1.2 Seleção do parâmetro a estudar

Esta subsecção reporta-se à escolha do parâmetro ou parâmetros a serem estudados, posteriormente, na fase da "Análise", do ciclo DMAIC.

### Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto permite a priorização dos problemas, respeitando o princípio 80-20. Foram analisadas cerca de duas mil medições de secções, desde 1 de janeiro de 2016 até 30 de abril de 2017, sendo possível projetar um gráfico (gráfico 1) que mostra os parâmetros classificados com *grade B*, no *CTD Tool*. Todos os parâmetros são medidos em milímetros.

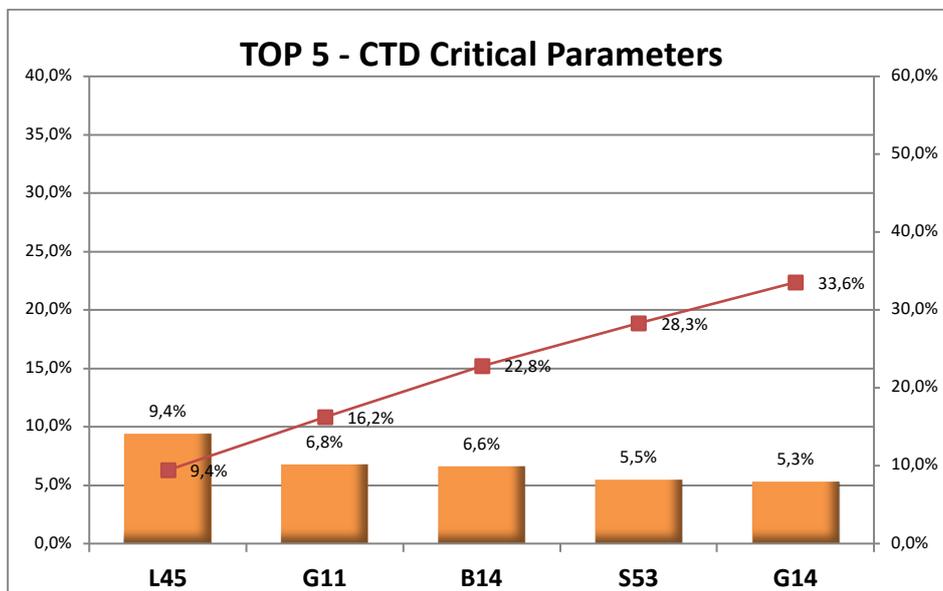


Gráfico 1 - Diagrama de pareto do TOP 5 dos parâmetros de medição com maior relevância no indicador Yield (Abril, 2017)

Dispostos de forma decrescente, foi possível verificar quais os parâmetros com maior influência no indicador *Yield*. O *top 5* de parâmetros com maior influência são:

- L45 – relativo à largura da base
- G11 – largura do 1º *breaker*
- B14 – distância do 1º *breaker* ao fim do *cap ply*
- S53 – distância da parede à tela
- G14 – distância do degrau do 1º *breaker* ao 2º *breaker*

Com cerca de 9,4% das medições a reportarem *grade B* no parâmetro L45, este foi considerado pela DQ como prioritário. Seria expectável que o autor desta dissertação decidisse escolher este parâmetro como prioritário na sua linha de atuação. Mas, uma vez que já existem ações na DQ a decorrerem no sentido de diminuir a variabilidade deste parâmetro a médio-longo prazo, o mesmo foi relegado pelo autor para segundo plano. Não obstante G11 ser o segundo parâmetro mais significativo, este assume preponderância nos valores finais da medição de secções. Quando se realiza a medição de uma secção na ferramenta *CTD Tool*, a localização dos pontos correspondentes às extremidades do primeiro *breaker* (parâmetro G11), têm influência na medição de quase todos os outros parâmetros, que também serão medidos. Assim, assumiu-se a necessidade de estudar o parâmetro G11, ou seja, a forma como o *breaker* ou características do mesmo, influenciam o indicador *Yield*.

#### 4.1.3 A distribuição Normal dos valores

Numa análise primária à situação, os dados extraídos do *software* de medição, desde 1 de janeiro de 2015 até 30 de abril de 2017, apresentam informação da medição de cerca de 3494 artigos. Desse total, 3189 foram analisados pela DQ e cerca de 305 analisados pela DIP.

Para facilitar a análise das medições, foi definido um valor chamado “Delta”, o qual corresponde à diferença entre o valor medido e o valor especificado. Os limites especificados são -5 mm no caso inferior e +5 mm no caso superior. Conjuntamente com o teste de normalidade, no software Minitab, o mesmo gerou um teste de capacidade de processo, visível na figura 15:

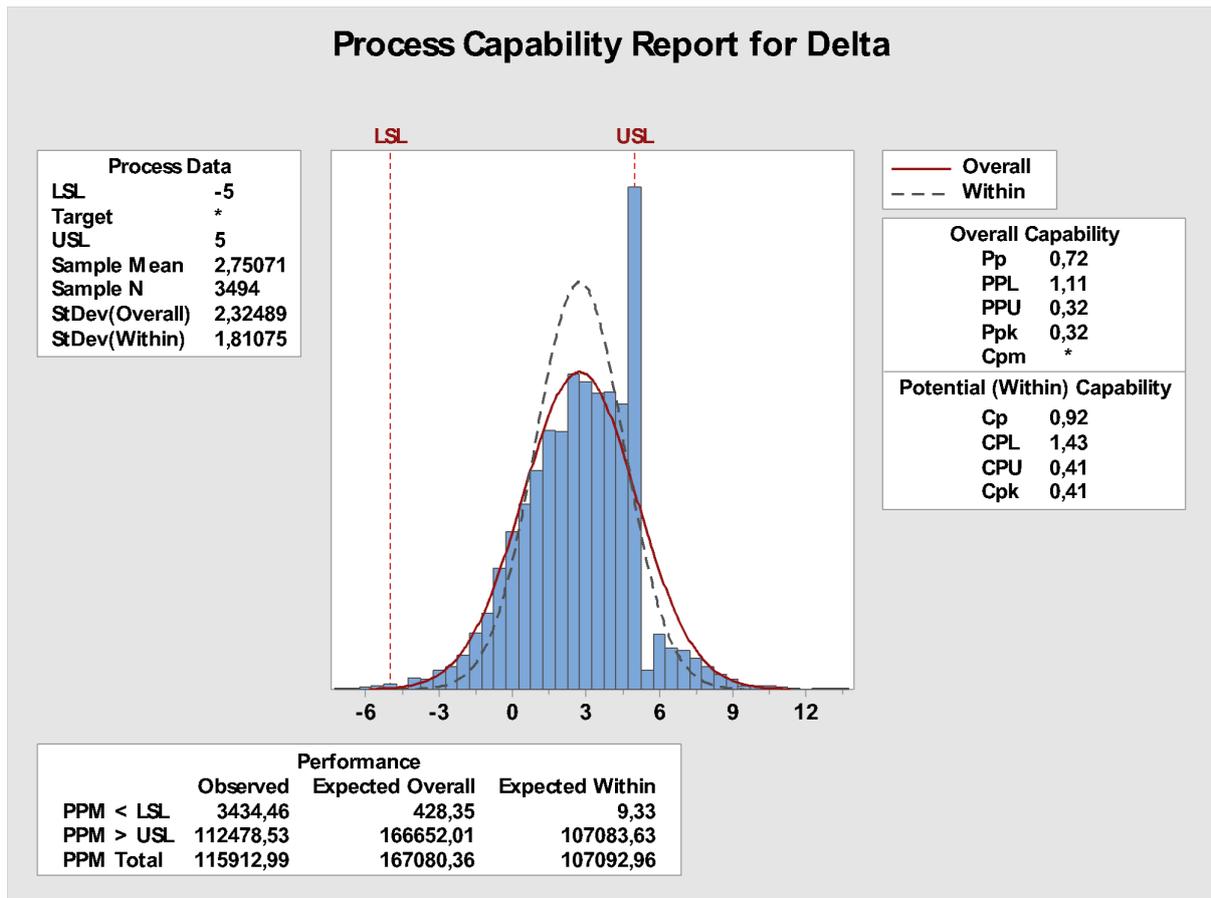


Figura 15 – Teste de normalidade de todas as medições do parâmetro G11

Para um teste de normalidade, as hipóteses são as seguintes:

- $H_0$ : os dados seguem uma distribuição Normal
- $H_1$ : os dados não seguem uma distribuição Normal

A realização do teste de normalidade pressupõe vários requisitos tais como os dados serem numéricos, aleatórios e o tamanho amostral superior a cinquenta. Whetherill (1986), demonstrou que o teste de Shapiro-Wilks é mais poderoso para amostras menores ou iguais a cinquenta, enquanto que o teste de Anderson-Darling é mais poderoso para um tamanho amostral superior a cinquenta. Quanto à sua distribuição, após o teste de Anderson-Darling, o valor de *p-value* é inferior a 0,05, ou seja os dados não seguem uma distribuição normal.

Após verificação dos dados no *software* estatístico, verifica-se uma média aproximada de 2,75 mm, assim como um desvio-padrão global de 2,32 mm. Estes valores traduzem um desvio significativo face ao valor especificado para as medições do G11, uma vez que deveriam apresentar uma média de, aproximadamente, 0 mm.

Os dados não seguem uma distribuição normal, uma vez que a medição dos operadores de CTD tem sido manipulada. Dado que os limites especificação estão entre -5 mm e 5 mm, existe uma tendência para os operadores medirem dentro do limite superior de especificação, quando os valores, na verdade, estão fora dos limites, algumas décimas de milímetros. Esta situação cria uma 'viciação' nos valores em torno do limite superior de especificação, que por sua vez, influencia a distribuição normal dos mesmos. Se não existisse este fator de variação, os dados tenderiam para seguir uma distribuição normal.

Na próxima secção verificar-se-á a possibilidade de influência de algumas características do pneu, na componente largura do primeiro *breaker*.

#### 4.1.4 Estudo das características do pneu

Para entender a origem dos desvios no valor especificado do parâmetro G11, verificou-se a possibilidade de influência, dos materiais ou características que distinguem os pneus, na largura final do *breaker*.

Foi realizada uma regressão múltipla (figura 16), com o auxílio do *software* Minitab, gerado a partir das observações que foram recolhidas para análise das medições, no que diz respeito ao parâmetro G11.

Foram analisados vários componentes e características do pneu, tais como:

- O ângulo do breaker (Ang breaker);
- O raio do pneu (R);
- O material da base do piso (Material base piso);
- O material do *cap ply* (Material cap ply);
- O *layout* do *cap ply* (Layout cap ply);
- O material dos *breakers* (Material breakers);
- A season (estação do ano) do pneu (Season);
- E a largura do pneu (Largura).

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	59	3141,6	53,248	11,69	0,000
Ang breaker	6	85,1	14,187	3,12	0,005
R	8	250,2	31,273	6,87	0,000
Material base piso	2	25,8	12,876	2,83	0,059
Material cap ply	4	45,0	11,238	2,47	0,043
Layout cap ply	16	885,2	55,326	12,15	0,000
Material breakers	4	243,4	60,850	13,36	0,000
Season	4	83,0	20,741	4,56	0,001
Largura	15	687,1	45,806	10,06	0,000
Error	3395	15457,9	4,553		
Lack-of-Fit	647	8160,5	12,613	4,75	0,000
Pure Error	2748	7297,5	2,656		
Total	3454	18599,6			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,13381	16,89%	15,45%	*

Figura 16 - Regressão simples dos vários componentes e características dos pneus

Iniciando a análise à regressão múltipla, verifica-se que apenas um preditor, o material da base do piso, não é significativo devido ao seu valor de *p-value* superior a 0,05. Isto indica que não há evidências suficientes para concluir que o material da base do piso está relacionado com a variância das medições. Todos os outros resultados, indicam que os outros preditores têm relações com a medição de secções que são estatisticamente significativos.

Este modelo explica apenas cerca de 17% da variação da resposta (valor dado por R-sq). Isto significa que, não só o material da base do piso não tem influência na variação dos valores, como também a significância estatística dos outros fatores, como conjunto, têm pouca expressão no modelo.

A obtenção de uma variação de resposta reduzida que explique a variação dos *breakers* através dos materiais ou componentes, evidencia a necessidade de resolução do problema utilizando outros fatores não relacionados com a influência dos materiais ou componentes do pneu. Na próxima etapa do modelo DMAIC será explicado como foram escolhidos alguns artigos por forma a servirem de estudo ao problema em questão.

## 4.2 Medição

A fase “M”, de medição, tem como propósito a obtenção dos dados necessários para se proceder à análise das observações. Consequentemente, é nesta etapa que se identificam as variáveis cruciais para o processo em estudo e se desenvolvem sistemas de medição apropriados para uma recolha

eficiente de informação (Pyzdek & Keller, 2014). Espera-se, nesta fase, adquirir o conhecimento necessário à fase da Análise, por forma a realizar uma apreciação eficaz, fiável e crítica.

#### 4.2.1 O estado atual da largura do *breaker*

Nesta secção é descrito o estado atual e são analisados os dados históricos disponíveis para estudar o problema.

A análise do histórico dos vários artigos que apresentam especificações, para o parâmetro G11, acima do valor nominal, permitiu escolher com base em alguns critérios, explicitados seguidamente, cerca de dez códigos reduzidos a estudar. Entenda-se por código reduzido (CR), um artigo ou conjunto de artigos, com os mesmos componentes, mas vulcanizado em prensas diferentes, o que apenas lhe confere morfologia de piso e nome comercial diferente.

Escolheram-se oito códigos reduzidos, aleatoriamente, com base em dois critérios que têm por base o indicador de desempenho KPI, referido anteriormente no capítulo 3.4.3:

- *Top* 50 de artigos com  $KPI < 4,7$ ;
- *Top* 50 de artigos com percentagem de artigos com *grade B*, no parâmetro G11, entre 50% e 100%.

Para além disso, escolheram-se dois códigos reduzidos que estavam dentro das especificações (CR 478 e CR 095), com base no mesmo indicador KPI:

- *Top* 50 de artigos com  $KPI \geq 4,7$ .

Com dez códigos reduzidos em estudo e três pneus recolhidas de cada código reduzido (trinta amostras) será possível ter uma observação do estado atual da largura dos *breakers* em vários pneus, escolhidos aleatoriamente, para o estudo em causa.

No gráfico 2 está representado o diagrama de pareto que contém, por ordem decrescente de valor, a média do histórico medido, dos dez códigos reduzidos. Este gráfico evidencia a diferença entre a média de valores registados em histórico e o valor nominal definido, do parâmetro G11. Isto não só permite verificar o estado atual dos pneus, como também enumerar os códigos reduzidos por urgência da necessidade de intervenção.

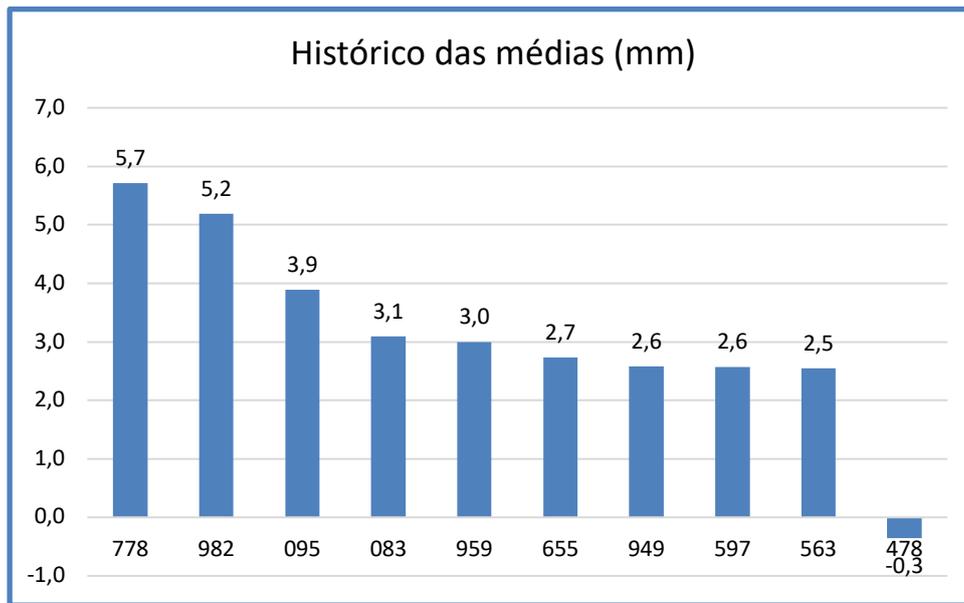


Gráfico 2 - Histórico das médias (mm) da largura do parâmetro G11 dos dez códigos reduzidos em estudo

Avaliando o histórico, disposto no Anexo VI, é possível verificar que dois códigos reduzidos se encontram fora das especificações, nomeadamente o CR (código reduzido) 778 e o CR 982, categorizando-se, assim, como casos urgentes de resolução.

O caso dos dois códigos reduzidos que estão dentro do *top* 50 de artigos com KPI inferior a 4,7, ou seja, dentro das especificações, são os CR 478 e CR 095. Embora o CR 095 esteja acima do especificado, nunca registou qualquer medição fora das especificações, ou seja, acima de uma diferença de 5 milímetros. Contudo, é um artigo que merece intervenção, uma vez que a média poderá estar desviada cerca de 3,9 mm, “arrastando” as tolerâncias naturais e, conseqüentemente, aumento do número de defeitos (por milhão de oportunidades).

#### 4.2.2 Cálculo do nível sigma atual

Estimar o nível de *sigma* permite avaliar o desempenho de determinado processo com base no número de defeitos produzidos e no número de oportunidades por defeito.

A figura 17 apresenta, com o auxílio do *software* Minitab, o cálculo de capacidade do processo. Para facilitar o processo de medição dos vários códigos reduzidos que têm valores nominais do parâmetro G11 diferentes, foi calculado novamente a diferença existente entre o histórico e o *target*. Esta diferença permite criar um valor de referência que equipara todos os artigos em análise.

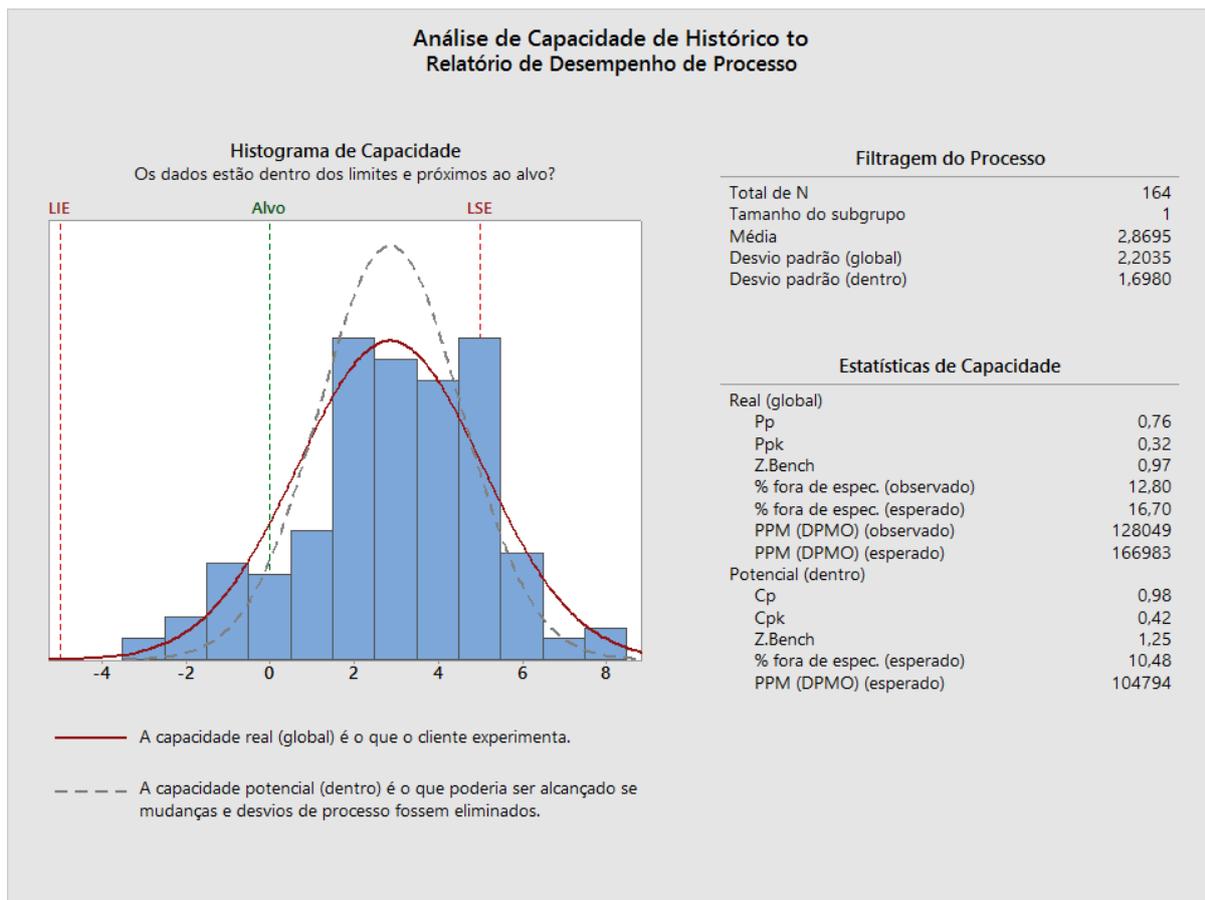


Figura 17 - Capacidade de processo dos histórico dos 10 códigos reduzidos

Em cerca de 164 medições efetuadas, a diferença face ao *target* permite-nos inferir uma média de cerca de 2,87 mm, muito próxima da média registada para todos os artigos da empresa, avaliados anteriormente na fase da definição.

### SIGMA CALCULATOR

Enter your process opportunities and defects and press the "Calculate" button.

Switch To:

Opportunities

Defects

---

#### Results

DPMO

Defects (%)

Yield (%)

Process Sigma

Report A Problem / Make A Suggestion

© iSixSigma 2002-2012

Figura 18 - Calculadora do nível sigma (Fonte: <https://www.isixsigma.com/process-sigma-calculator>)

Utilizando uma calculadora do nível sigma (figura 18), disponível online, foi possível calcular o valor de sigma em 2,47, o que representa uma taxa de defeitos de 16,7%, ou seja, muito abaixo do objetivo da empresa. Para calcular o valor de sigma apenas foram colocados dois valores, a quantidade de oportunidades (por defeito um milhão) e o número de defeitos dado pelo valor de DPMO esperado (figura 18). Usa-se o valor de DPMO esperado, uma vez que está baseado na distribuição global que se ajusta aos dados existentes, ao contrário do DPMO observado que usa apenas os dados amostrais.

Almejando um aumento do valor de sigma (e uma redução do número de defeitos), a variação de largura dos breakers deve ser reduzida e a respetiva média centrada. Para que tal seja possível, é necessária uma intervenção da DIP, responsável pelos valores atuais registados.

Por forma a verificar a origem do desfasamento de valores face ao valor nominal, no próximo capítulo serão analisadas as trinta amostras recolhidas.

### **4.3 Análise**

Na fase “A”, do ciclo DMAIC, é executada uma apreciação dos dados medidos com a finalidade de identificar se existe uma relação entre os dados em histórico e os dados que foram recolhidos da nova amostra de trinta pneus. Enquanto que na Definição foram estipulados os indicadores de performance do projeto, nesta fase do DMAIC, serão analisadas as variáveis que influenciam nos resultados esperados. A fase da análise passa por compreender e identificar fontes de variação no processo, por forma a entender o indesejável e começar a estruturar caminho para, na fase de apresentação de propostas de melhoria, identificar a causa-raiz do problema (Pyzdek & Keller, 2014).

Em primeiro lugar, vão-se avaliar as causas apontadas como motivadoras da diferença verificada na largura dos *breakers*, através da realização de um diagrama causa-efeito.

#### **4.3.1 Diagrama Causa-Efeito**

Na figura 19 é apresentado o diagrama causa-efeito, representando os motivos possíveis para um *Yield* abaixo do objetivo, realizado pelos elementos das equipas responsáveis pela avaliação da qualidade do produto. A sua composição leva em consideração seis tipos de causas principais que afetam os processos, tais como os meios de medição, a matéria-prima, a mão de obra, o ambiente, os métodos e as máquinas.

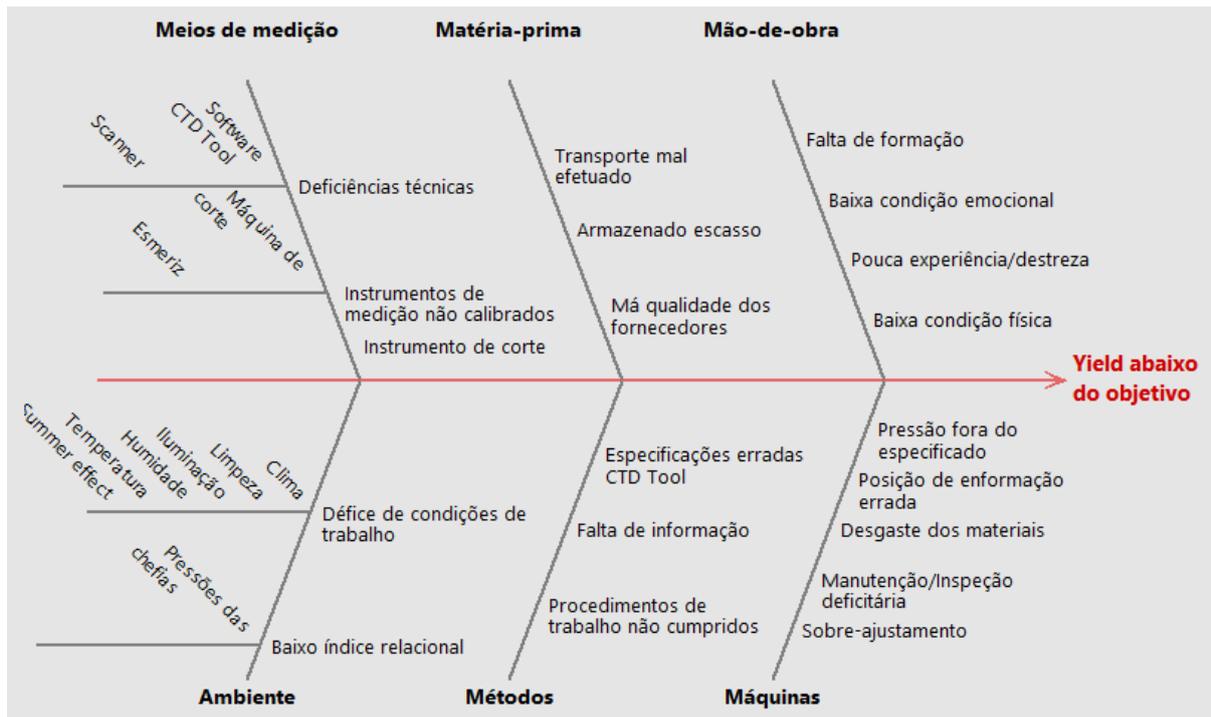


Figura 19 - Diagrama Causa-Efeito dos possíveis motivos para um Yield abaixo do objetivo

As causas enumeradas são o resultado de um *brainstorming* realizado numa reunião entre a DQ e a DIP, onde através da discussão de ideias, foi possível chegar a um consenso sobre as causas, uma vez que a experiência dos participantes na resolução de problemas assim como a vivência de experiências passadas, não constituíam dificuldades na estruturação e ordenação de causas relativas ao problema em estudo.

Após avaliação do conjunto final, foi definido como prioritário pela equipa, a determinação das causas dos problemas encontrados nos *breakers* (fontes de variação na largura dos mesmos), a identificação do valor correto de diminuição no processo de vulcanização e, por último, a priorização das oportunidades de melhoria, bem como a identificação dos fatores ou variáveis onde seja possível atuar. São várias as causas possíveis para o desvio existente entre os valores registados e o valor nominal do parâmetro G11, representado na figura 20:

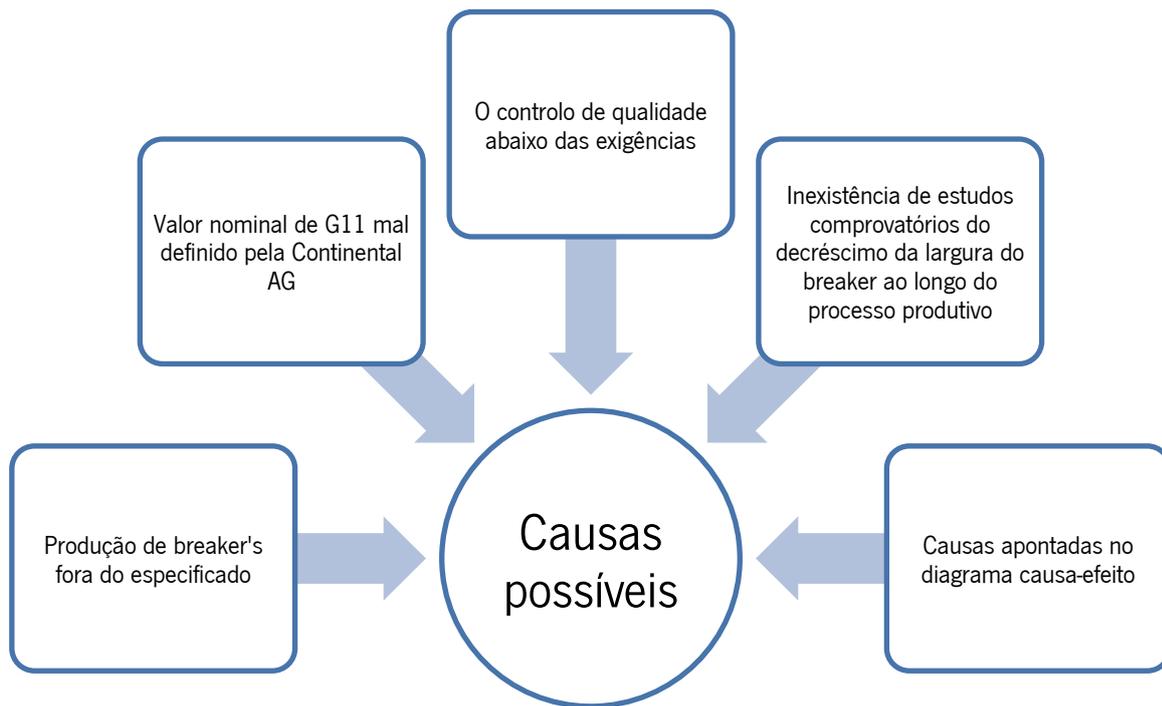


Figura 20 - Causas possíveis do desvio existente entre os valores registados e o valor nominal do parâmetro G11

A obtenção dos dados de uma amostra total de dez códigos reduzidos diferentes irá esclarecer se o problema do *Yield* está nas causas apontadas acima no diagrama causa-efeito, ou seja, relacionadas com os componentes dos pneus, ou se o problema estará na errada definição do *target* do parâmetro G11, em alguns códigos reduzidos.

Quando um pneu é projetado, quem realiza os cálculos para definir os valores dos *targets* de cada parâmetro é a Continental AG, na Alemanha. Caso os resultados da amostra sejam estatisticamente semelhantes ao histórico, então estamos perante um problema de má especificação de *targets*; se os resultados da amostra realizada forem estatisticamente diferentes do histórico existente, então a resolução do problema poderá estar noutras causas definidas no diagrama causa-efeito acima referenciado, tais como a diferença nos materiais utilizados, diferenças de pressão e posição nas máquinas de construção, sobre ajustamento dos operadores, entre outras.

Na fase seguinte, estudaremos os dados recolhidos para o primeiro *breaker*.

#### 4.3.2 O estudo do primeiro breaker

Todos os pneus são constituídos por dois *breakers*: o primeiro e o segundo *breaker*. No caso desta dissertação apenas será estudado o primeiro *breaker*. Serão comparados os valores em histórico com os valores recolhidos, que estão representados no Anexo VI.

## Os códigos reduzidos 478 e 095

A figura 21 ilustra o teste *t* de duas amostras, ou também chamado de teste *t* de Student. Este teste pode ser usado para comparar se dois grupos independentes diferem na média ou desvio-padrão.

O teste foi realizado para o código reduzido 478, que o software Minitab gerou a partir dos dados em histórico ( $n=14$ ) e das observações que foram recolhidas ( $n=6$ ) para análise do processo, no que diz respeito ao parâmetro G11.

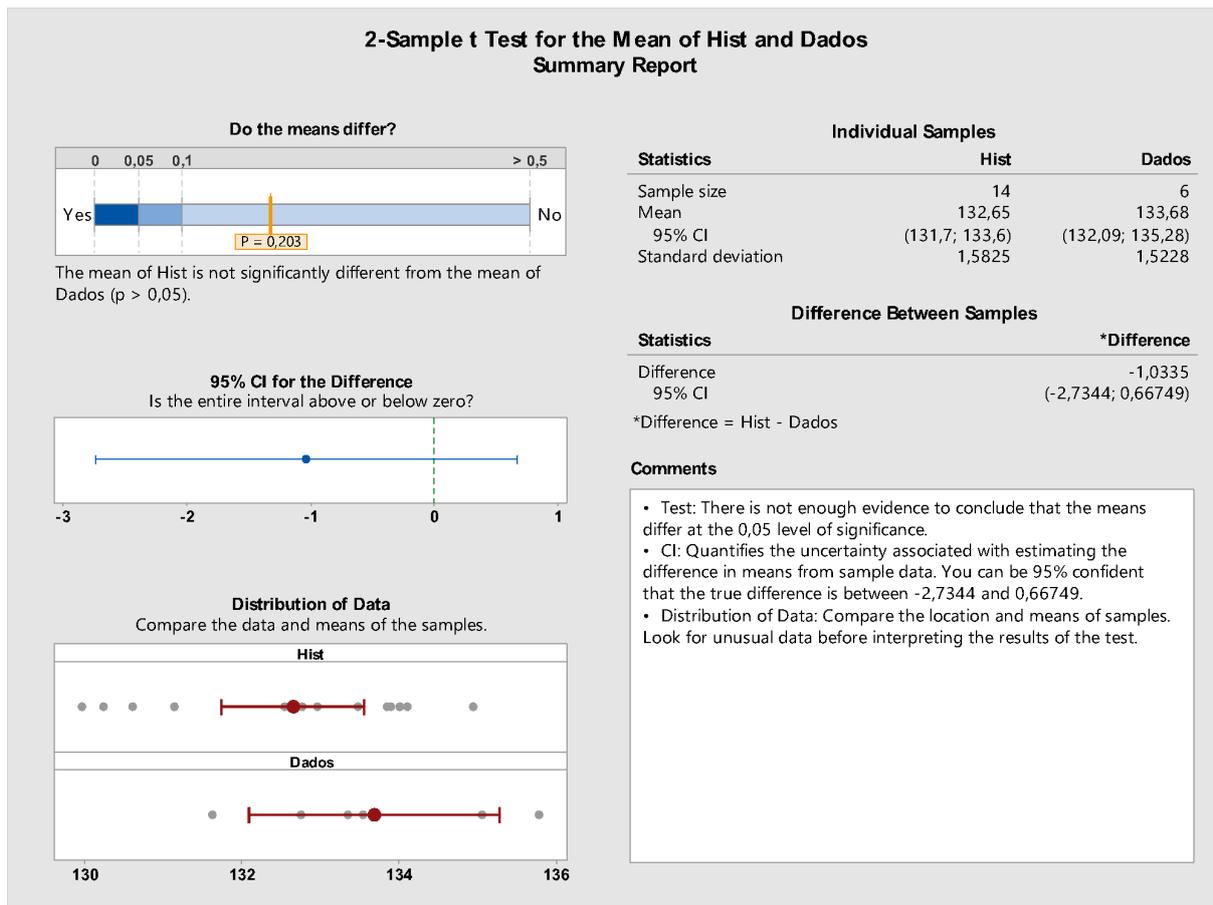


Figura 21 - Teste *t* de 2 amostras ao código reduzido 478

Iniciando pela análise ao teste *t*, verifica-se que não há diferença significativa nas médias, já que os valores recolhidos da amostra em estudo, não diferem substancialmente dos valores em histórico. Dado que o valor de *p-value* é superior ao nível de significância 0,05, não devemos rejeitar a hipótese nula e, por conseguinte, concluímos que não há evidências suficientes para concluir que a diferença entre as médias da população é estatisticamente significativa.

Nestes resultados, a estimativa da diferença da população em médias, na largura do primeiro *breaker* é cerca de 1,03 mm, tendo como intervalo de confiança 95% de que a média da população está entre valores muito próximos do valor nominal, para o parâmetro G11, de 133 mm. Com estes resultados podemos inferir que os valores recolhidos para o CR 478 não variam do histórico apresentado,

provando-se não existirem conclusões com base numa amostra de dimensão  $n=6$ . Assim, a equipa deliberou não haver necessidade de alterações quer no processo, quer nas especificações, uma vez que se trata de uma diferença face ao valor nominal pouco relevante.

No caso do código reduzido 095, o teste  $t$  não divergiu substancialmente dos resultados alcançados no anterior código reduzido.

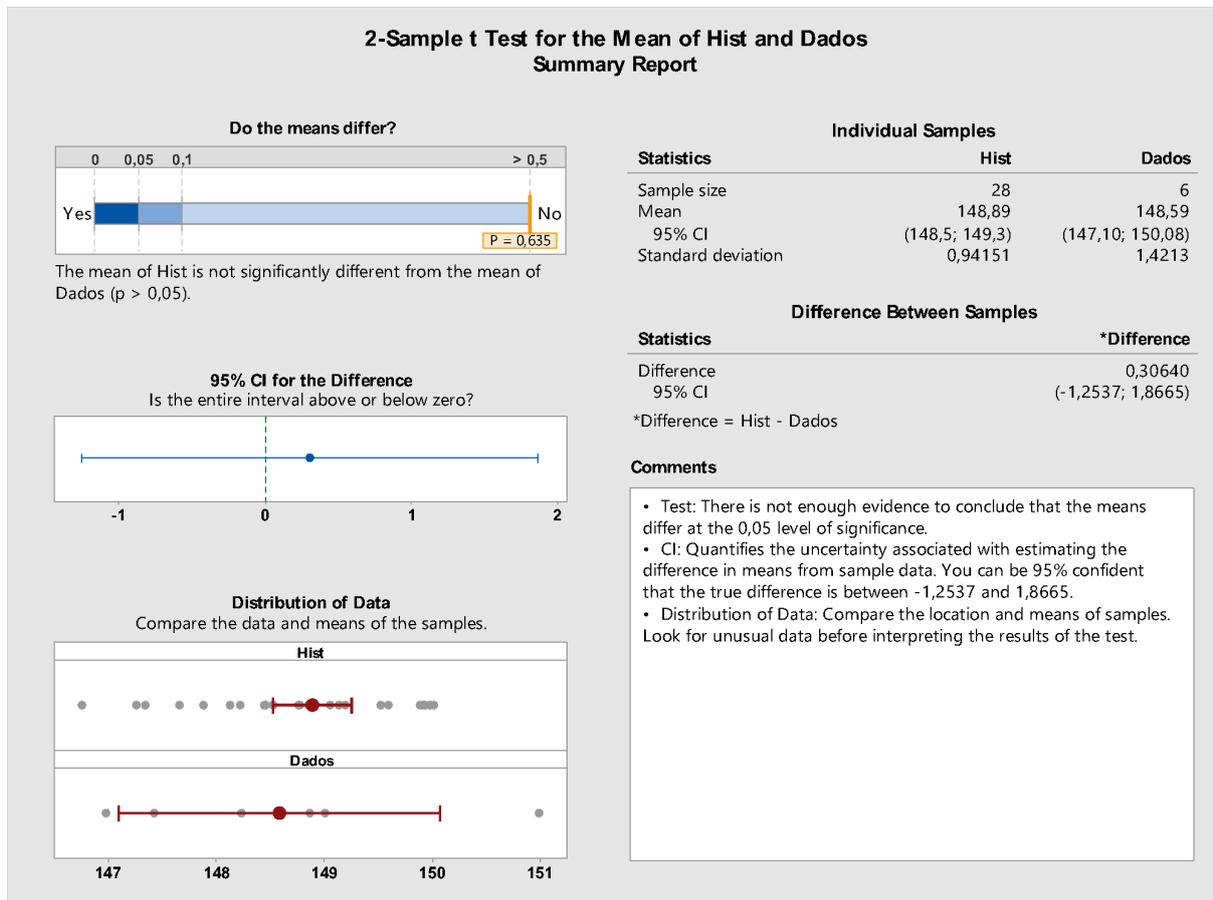


Figura 22 - Teste  $t$  de 2 amostras ao código reduzido 095

Iniciando pela análise ao teste  $t$  (figura 22), verifica-se que os valores recolhidos da amostra em estudo não diferem dos valores em histórico. Dado que o valor de  $p$ -value é superior ao nível de significância 0,05, não devemos rejeitar a hipótese nula e, por conseguinte, concluímos que não há evidências suficientes para aferir que a diferença entre as médias da população é estatisticamente significativa.

Nos resultados da diferença, a estimativa dos dados da população em médias, na largura do 1º breaker é bastante reduzido, com apenas 0,31 mm.

Tendo como intervalo de confiança 95%, embora não existam diferenças entre o histórico e os dados recolhidos, o valor nominal para o parâmetro G11 é de 145 mm, distando cerca de 4 mm dos dados estudados acima. Assim, na fase de melhoria do DMAIC terá de ser proposta uma alteração do valor nominal deste código reduzido.

## Os códigos reduzidos 655, 982, 083 e 597

Todos os códigos reduzidos estudados neste subcapítulo registaram diferenças estatísticas na média das suas amostras, entre os dados históricos e os dados registados.

A figura 23 ilustra os *testes t de 2 amostras* e as médias, realizados para os códigos reduzidos 655, 982, 083 e 597, respetivamente, que o software Minitab gerou a partir das observações que foram recolhidas para análise do processo, relativas ao parâmetro G11.

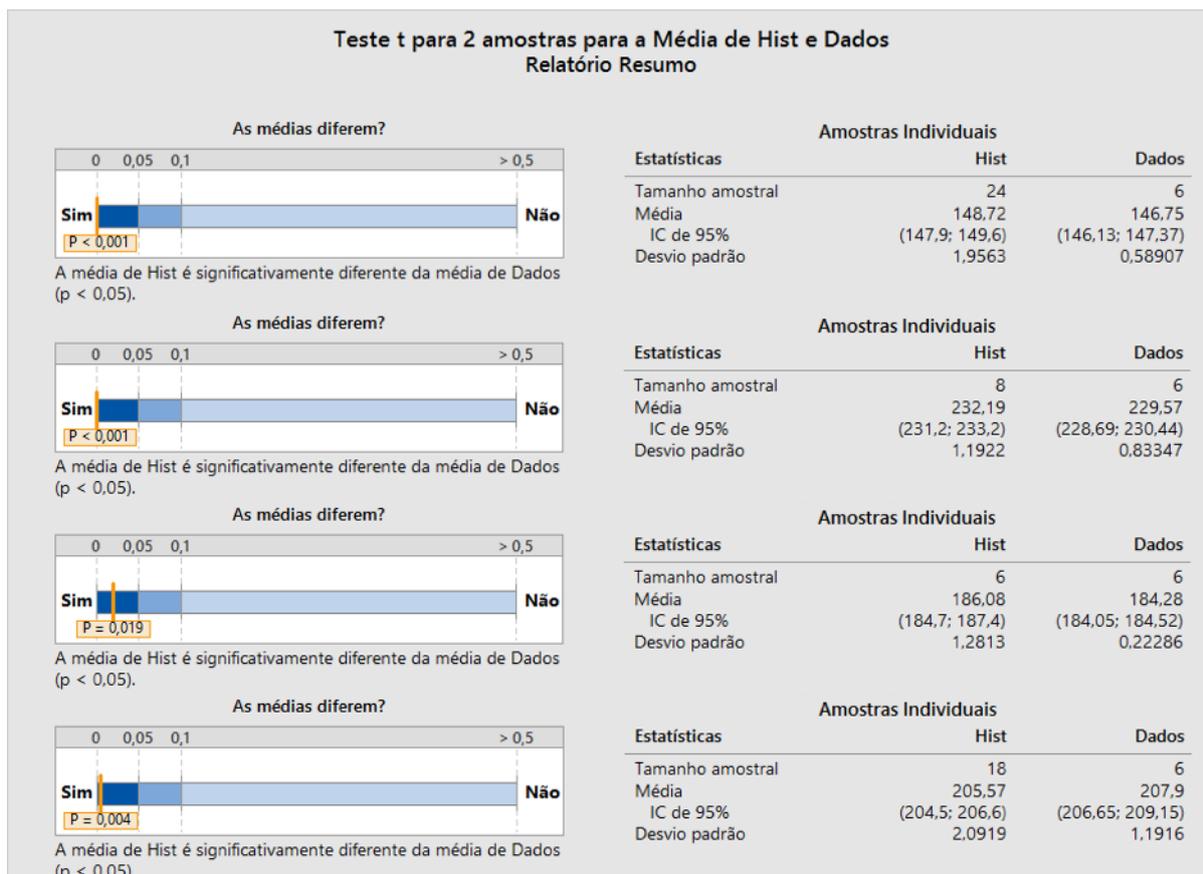


Figura 23 - Teste t de 2 amostras aos códigos reduzidos 655, 982, 083 e 597

Verifica-se uma melhoria dos valores médios das amostras comparativamente ao valor médio do histórico, uma vez que os mesmos se encontram mais próximos do valor nominal de cada código reduzido. Contudo, os valores nominais para estes códigos reduzidos são 146 mm para o CR 655, 227 mm para o CR 982 e 183 mm para o CR 083. No caso do CR 597, verifica-se a situação inversa uma vez que os valores recolhidos da amostra estão ainda mais longe do valor nominal 203 mm. Esta diferença registada nos valores médios evidencia a necessidade de ajustamento urgente por parte da equipa responsável pela resolução do problema.

Assim, na fase de melhoria do DMAIC será proposta uma alteração do *target* (a montante do sistema de medição) destes códigos reduzidos, no sentido de “forçar” a média para o local correto.

## Os códigos reduzidos 563, 778, 949 e 959

Todos os códigos reduzidos estudados neste subcapítulo não registaram diferenças estatísticas na média das suas amostras, entre os dados históricos e os dados registados.

A figura 24 ilustra o teste *t* de 2 amostras bem como a média, realizado para os códigos reduzidos 563, 778, 949 e 959, que o software Minitab gerou a partir das observações que foram recolhidas para análise do processo, no que diz respeito à largura do primeiro *breaker*.

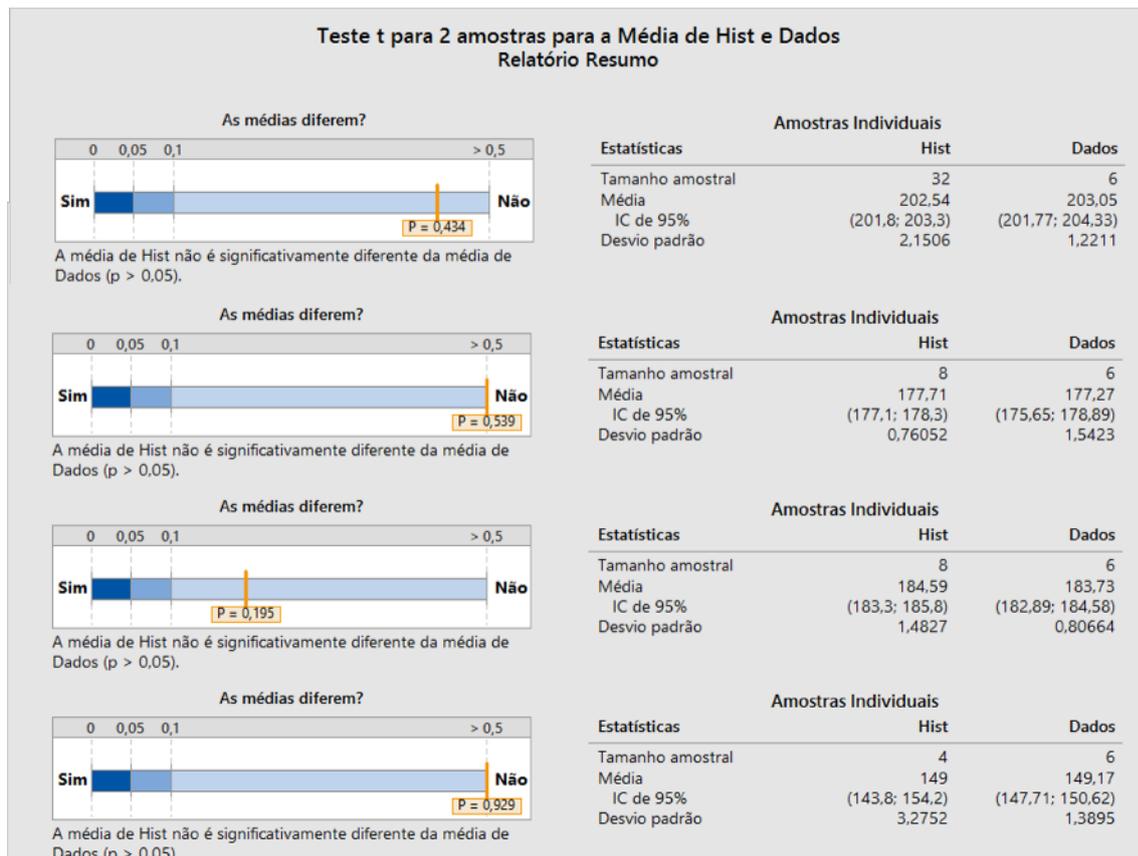


Figura 24 - Teste *t* de 2 amostras aos códigos reduzidos 563, 778, 949 e 959

Iniciando pela análise ao teste *t*, verifica-se que não há diferença estatística nas médias de todos os códigos reduzidos, já que os valores recolhidos da amostra em estudo não diferem dos valores em histórico. Dado que o valor de *p-value* é substancialmente superior ao nível de significância 0,05, não devemos rejeitar a hipótese nula e, por conseguinte, concluímos que não há evidências suficientes para aferir que a diferença entre as médias da população é estatisticamente significativa.

Tendo como intervalo de confiança 95%, apesar de não existam diferenças significativas entre o histórico e os dados recolhidos, existem diferenças face ao valor nominal, para o parâmetro G11, recolhidas estão expostas na tabela:

Tabela 5 - Diferenças entre as médias dos dados e o valor nominal dos CR 563, 778, 949 e 959

<b>CR</b>	<b>Valor Nominal (mm)</b>	<b>Média dados (mm)</b>	<b>Diferença (mm)</b>
<b>563</b>	200,00	203,05	3,05
<b>778</b>	172,00	177,27	5,27
<b>949</b>	182,00	183,73	1,73
<b>959</b>	146,00	149,17	3,17

Com base nos parâmetros técnicos dos componentes que constituem os pneus e com base nos parâmetros do processo produtivo, os resultados das variáveis medidas no final do processo produtivo distam entre 2 mm, no caso do CR 949, e 5 mm, no caso do CR 778, acima do valor nominal pré-definido.

#### **4.4 Melhoria**

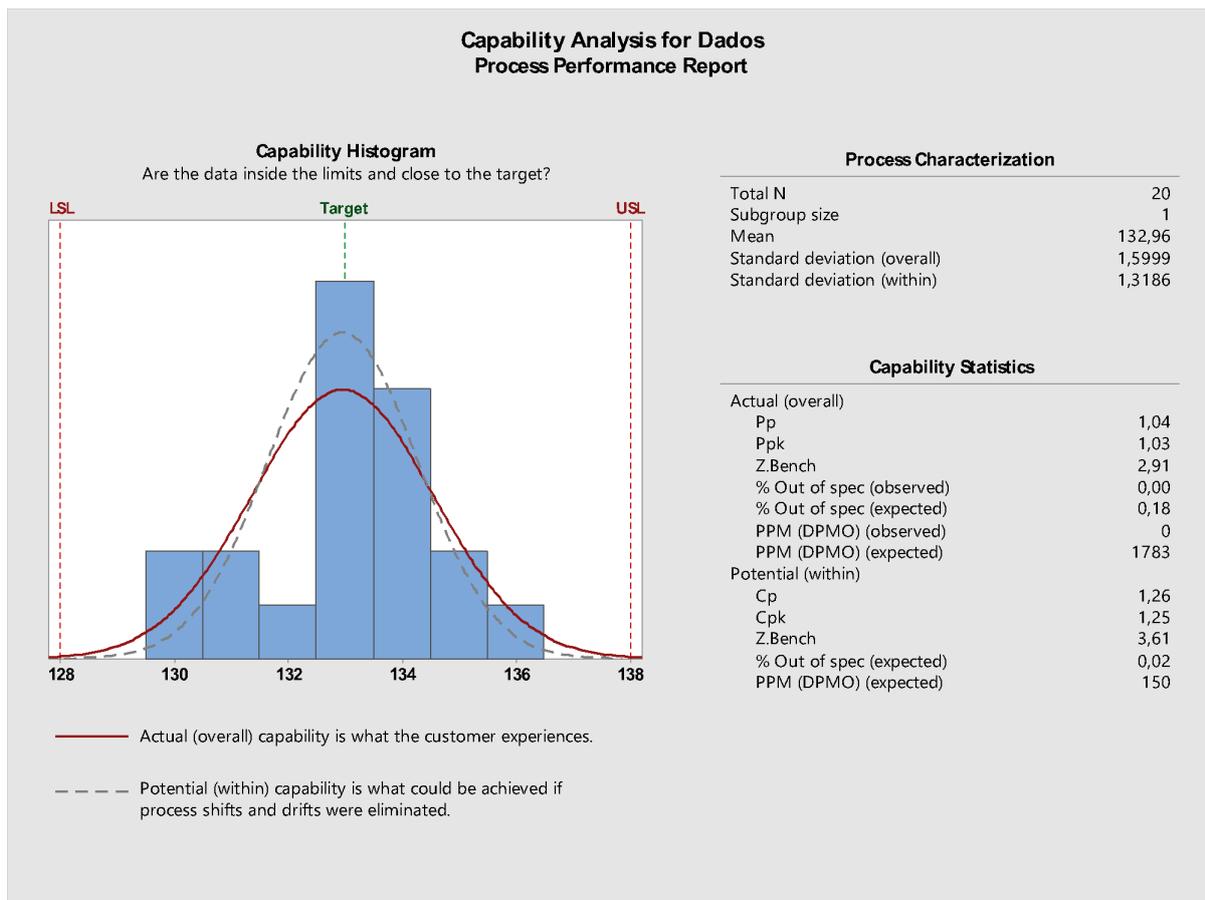
Na fase “M”, de melhoria, são propostas, “priorizadas” e testadas as soluções para o problema de especificação, descrito na fase precedente.

O desenvolvimento e implementação de medidas no sentido da melhoria, permitirá criar soluções de aperfeiçoamento de controlo dos *breakers*, no sentido de reduzir as causas de contribuição para a variação da sua largura.

Esta secção apresenta a resolução implementada para cada um dos códigos reduzidos em estudo.

##### 4.4.1 Códigos reduzidos sem alterações efetuadas

Uma vez que o código reduzido 478 é o único a apresentar valores muito próximos do valor nominal de 133 mm para a largura do *breaker*, avaliar-se-á a capacidade dos dados disponíveis no sentido de entender se o processo é capaz de atender às necessidades do cliente e, também, comparar a capacidade atual com a capacidade potencial a fim de avaliar oportunidades de melhoria. Para a análise da capacidade utilizou-se subgrupos (*subgroup size*) de tamanho 1, uma vez que a recolha das amostras foi realizada de forma unitária e aleatória no tempo.



*Figura 25 - Capacidade de processo do código reduzido 478*

Numa amostra de vinte valores, verifica-se através da comparação da curva contínua global com as barras do histograma que os dados se afiguram como aproximadamente normais (figura 25). Neste histograma é possível verificar, de uma maneira geral, que a curva de dispersão dos dados é mais estreita do que a curva de dispersão da especificação. Uma vez que todos os dados se encontram dentro dos limites de especificação, sugere que poderemos estar perante um processo estável.

O Ppk é usado para avaliar a capacidade global do processo. A capacidade global indica o desempenho real de um processo que determinado cliente experimenta ao longo do tempo. Como o valor de Ppk é de 1,03, ou seja, menor que 1,33, a capacidade total do processo não atende os requisitos necessários para cumprir os objetivos internos da empresa. No entanto, verifica-se que o processo tem potencial de melhoria, visível pelo valor de Cpk superior ao valor de Ppk. Apesar dos valores estarem estáveis, ainda têm capacidade para melhorar. Podemos definir o processo não como capaz, mas como satisfatório.

Em reunião conjunta de elementos da Direção da Qualidade com elementos do Departamento de Industrialização do Produto foram definidas para os outros códigos reduzidos duas possibilidades de

resolução: ou alterações ao produto e seus constituintes ou uma resolução mais simples, mas nem sempre possível, a alteração dos valores nominais para o parâmetro G11.

#### 4.4.2 Códigos reduzidos com alterações efetuadas no processo ou produto

A área responsável pelo produto, a DIP, gere todos os estudos e pesquisas sobre a criação, adaptação, melhorias e aprimoramento dos produtos produzidos pela empresa. O constante estudo de alternativas de produção e a procura de melhores materiais que compõem o pneu, convergem num produto final cada vez mais aprimorado, em linha com as necessidades atuais dos clientes e de menor custo para a empresa.

A alteração no produto ou processo foi efetuada em quatro produtos, nomeadamente os códigos reduzidos 655, 949, 982 e 083. Alterar um processo é entender qual ou quais os processos, máquinas ou componentes que, por inerência, têm influência direta na largura dos *breakers*. Um dos processos com maior influência no processo é a fase da vulcanização, uma vez que a expansão do pneu dentro do molde provoca a diminuição da largura do *breaker*. Em média, o valor definido pelos *developers* da Continental AG é um decréscimo teórico de cerca de 10 mm para o 1º *breaker*. Nem sempre é obrigatório que o mesmo se verifique, mas é o valor tomado por padrão.

Todas as alterações efetuadas nos códigos reduzidos são responsabilidade da DIP. As informações constadas na tabela 6, foram fornecidas pela mesma.

Tabela 6 - Alterações no produto da responsabilidade da DIP

CR	Target (mm)	Média do histórico (mm)	Média amostra recolhida (mm)	Ações implementadas	Data	Novo target (mm)
655	146,00	148,72	146,75	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substituição do <i>cap ply</i> N4141 por novo N03201</li> <li>Alteração da largura do 1º breaker de 155 mm para 150 mm</li> </ul>	Várias datas	147,00
949	182,00	184,59	183,73	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteração da largura da camada e da tela</li> <li>Modificação da feira, da posição da parede e do piso e do <i>layout</i> de <i>cap ply</i></li> <li>Introdução de reforço de parede</li> </ul>	23 Maio 2017	184,00
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Atualização do diâmetro do tambor</li> <li>Alteração da largura dos <i>breakers</i>, <i>cap ply</i>, piso, perfil e feira</li> <li>Modificação da posição da parede lateral</li> </ul>	7 Setembro 2017	
982	227,00	232,19	229,57	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteração da altura da cunha de talão de 10 mm para 18 mm</li> <li>Diminuição da feira</li> </ul>	Janeiro 2017	229,00
083	183,00	186,08	184,28	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteração da feira e do perfil do piso</li> </ul>	17 Janeiro 2017	184,00

Tal como é possível observar na tabela 6, os códigos reduzidos 655, 949, 982 e 083 sofreram algumas alterações que permitiram uma melhoria do valor nominal, uma vez que na verdade, quer os valores em histórico, quer os valores medidos na fase da análise, não se encontravam próximos do *target*. Após melhorias implementadas pela DIP, foram definidos novos *targets*, nomeadamente 147

mm para o CR 655, 184 mm para o CR 949, 229 mm no caso do CR 982 e, por último, 184 mm no CR 083.

Após verificação dos códigos reduzidos submetidos a uma alteração no produto ou no processo, verificou-se quais seriam os artigos em que seriam alteradas as especificações do parâmetro G11.

#### 4.4.3 Códigos reduzidos com alterações efetuadas na especificação

Para efetuar a alteração do valor nominal da largura do *breaker* não basta apenas comprovar através de uma recolha dados, que o parâmetro tende para um valor acima ou abaixo do especificado. Existe, teoricamente, um espectro de valores aceitáveis para alteração do valor nominal em cerca de 10 mm, uma vez que, se fosse realizada uma alteração da largura do *breaker*, a mesma teria influência na distribuição da massa do piso existente entre o centro e os ombros do pneu. Para efetuar uma alteração do valor nominal do parâmetro G11, basta apenas o pedido de autorização ao responsável da medida na Continental AG e caso exista autorização, a medida é alterada.

As alterações efetuadas em conjunto com a DIP (tabela 7) permitiram melhorar um parâmetro muito relevante na avaliação do produto principal da Continental. Com estas alterações, espera-se a médio-longo prazo, influência positiva no valor do *Yield*.

*Tabela 7 - Alterações do valor nominal do parâmetro G11*

<b>CR</b>	<b>Target (mm)</b>	<b>Média do histórico (mm)</b>	<b>Média amostra recolhida (mm)</b>	<b>Novo target (mm)</b>
<b>563</b>	200,00	202,50	203,00	203,00
<b>778</b>	172,00	177,50	177,00	177,00
<b>959</b>	146,00	149,00	149,00	150,00
<b>095</b>	145,00	149,00	148,50	150,00
<b>597</b>	203,00	205,50	208,00	207,00

Por forma a evitar constantes alterações no produto, no próximo subcapítulo propõe-se alguns sistemas de controlo para a realização de medições mais precisas.

## 4.5 Controlo

Após implementação de ações de melhoria na fase precedente, ficou definido um meio de comunicação entre a DQ e a DIP, no qual se assegura a distribuição de ações para evitar os desvios observados nos artigos referidos. Na fase de Controlo implementa-se um sistema de forma a monitorizar o estado futuro do processo e garantir a prevenção e correção de desvios antes de se tornarem defeitos.

#### 4.5.1 Impacto e eficácia das melhorias

Para avaliar o impacto das ações de melhoria teríamos de comparar o nível *sigma* inicial com o atual. A fase de implementação de melhorias terminou no início de agosto de 2017, sendo que novas medições terão sido realizadas, entretanto, para algumas das medidas.

Foram retirados os poucos valores desde que foram implementadas as melhorias, mas não são suficientes para tirar conclusões estatísticas sobre as novas alterações. No entanto, prevê-se uma melhoria considerável no valor de *sigma*, anteriormente 2,47, e também na redução do número de defeitos por milhão de oportunidades que até então eram cerca de 166 983. Todos os valores aqui considerados referem-se a dez códigos reduzidos que foram estudados nesta dissertação.

As alterações efetuadas sugerem que as ações de melhoria (relativas às alterações efetuadas nas tabelas 6 e 7) tiveram e terão influência no valor correto do parâmetro G11, não só para as medições efetuadas neste estudo, mas também para os outros códigos reduzidos que agora fazem parte do plano de melhoria da Direção de Qualidade.

Uma das provas que as ações de melhoria estão a ter impacto positivo nas medições, é o indicador *Yield*. Desde as alterações propostas, em Agosto de 2017, que o indicador *Yield* tem vindo a melhorar substancialmente, conforme é visível na tabela 8:

Tabela 8 - Monthly Status do ano 2017

	2017											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>Secções medidas</b>	168	97	119	120	94	177	108	91	122	110	123	76
<b>Secções fixadas</b>	106	55	79	75	60	119	63	66	88	82	89	56
<b>KPI mensal</b>	4,94	4,97	4,96	4,96	4,96	4,93	4,96	4,94	4,92	4,94	4,94	4,95
<b>KPI (objetivo)</b>	4,90											
<b>% Yield</b>	63%	57%	66%	63%	64%	67%	58%	73%	72%	75%	72%	74%
<b>% Yield (objetivo)</b>	78%											

A partir do mês de Agosto verifica-se uma melhoria da percentagem de *Yield* que, embora ainda longe do objetivo traçado (78%), se traduz num acréscimo significativo face ao disposto até à implementação da fase de melhoria do DMAIC.

Relativamente ao estado atual do *top 5* dos parâmetros (secção 4.1.2), os mesmos melhoraram consideravelmente desde as intervenções realizadas.

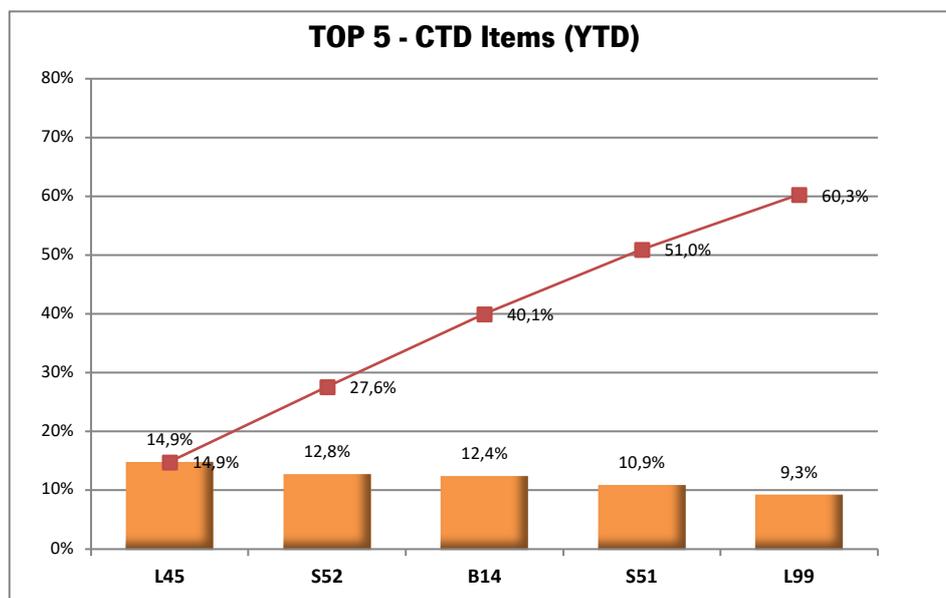


Gráfico 3 - Novo diagrama de Pareto do top 5 dos parâmetros de medição com maior relevância no indicador Yield (Setembro, 2017)

Conforme é possível verificar no gráfico 3, apesar do L45 continuar a ser o parâmetro número um, foi possível erradicar o parâmetro G11 do top 5 dos parâmetros mais vezes registados fora das especificações. O parâmetro G11 caiu para o oitavo lugar na classificação onde estão todos os parâmetros, com apenas 6,3% da responsabilidade total de medições sem êxito.

Foram implementadas um conjunto de propostas de controlo que permitirão num futuro próximo reduzir a influência do parâmetro G11.

#### 4.5.2 Propostas de melhoria

##### **O corte no local de medição**

Um das situações mais relevantes quando se realizam acompanhamentos de medidas na construção de pneus, estava no local onde se mediam as secções. Uma vez que o pneu é um produto essencialmente constituído por borracha, é de um material que sofre facilmente variações.

Ao longo do mesmo pneu é possível verificar que as medições da largura do *breaker* não são constantes. Dado que uma das fases mais importantes de todo o processo de medição se verifica na fase de construção dos pneus, foi desde o início uma preocupação do autor da dissertação que a mesma fosse aprimorada. Até então, todos os operadores de CTD's que realizavam as medições do pneu em 'verde', não tinham a preocupação de definir o local exato de medição. Após a vulcanização do pneu, o corte era realizado num local aleatório, o que muitas vezes não coincidia com o local onde

efetuaram anteriormente as medições. Então, introduziu-se um pequeno autocolante amarelo no local de medição dos pneus em 'verde', para que, aquando do corte, se garanta que o mesmo é realizado exatamente no local onde foram realizadas as anteriores medições.

Esta alteração não só permite garantir maior validade das medições, como também garantir que o corte não é efetuado no local das emendas do *breaker*, do piso, da tela, da parede e da camada do pneu. Embora se saiba de antemão qual é o local das emendas do piso, da tela, da parede e da camada do pneu (secção 3.4.1), é mais difícil determinar o local das emendas dos *breakers*, uma vez que são emendas de local variável. No entanto, aquando do pneu em 'verde' as emendas do *breakers* estão expostas e, portanto, é o momento exato para o operador garantir que não realiza medições nesse local.

### **Carta de controlo com limites de especificação menores**

Outra das propostas realizadas foi a introdução de limites mais apertados aquando do início de produção de qualquer pneu. O departamento responsável pela realização do início de produção de um pneu é a DIP. Antes de qualquer pneu iniciar a sua produção, é realizada uma medição completa de todos os parâmetros do pneu, quer do ponto de vista visual, quer do mensurável.

Uma das deficiências encontradas pelo autor da dissertação era a aceitação de valores de medição dos parâmetros G11 e G21 que, embora se encontrem dentro das especificações (entre -5 mm e +5 mm) do valor nominal, muitas vezes eram aceites valores registados muito próximos dos limites. Ou seja, realizar apenas uma medição para conceder a aprovação de início de produção configura uma situação de risco, uma vez que existe o risco de o valor medido apresentar uma média demasiado acima ou abaixo do especificado.

Foram, assim, introduzidas duas mudanças pertinentes no sentido de aperfeiçoar esta situação: para além de terem passado a realizar três medições em vez de uma medição única, propôs-se a utilização de limites mais apertados passando dos atuais 5 mm para apenas 3 mm (figura 26). Desta forma, garante-se não só maior controlo sobre as medições, como maior garantia da proximidade dos valores medidos do valor nominal dos parâmetros.

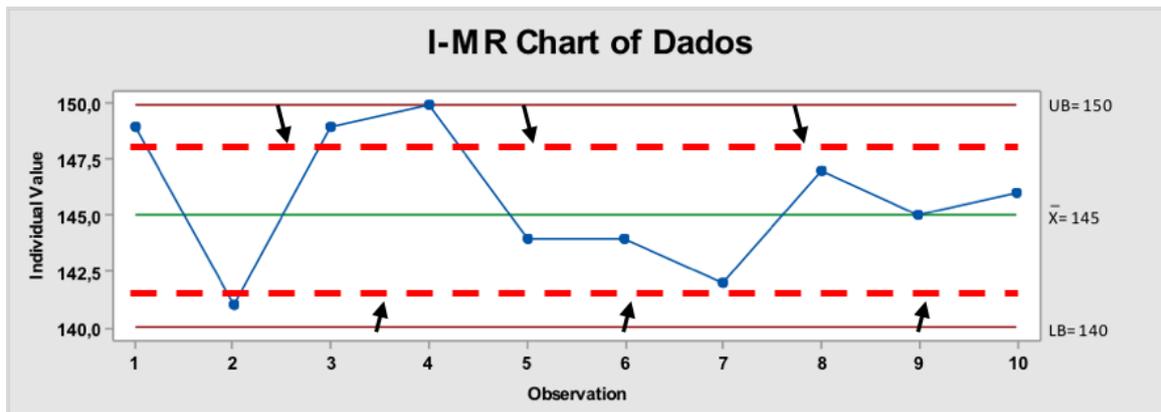


Figura 26 - Nova carta de controlo com limites superior e inferior de 3 mm

### Criação de um sistema de acompanhamentos em conjunto com a DIP

Foi idealizado um sistema de acompanhamento em conjunto com a DIP (anexo VII) como forma de combater a necessidade de correção de medições acompanhadas pelos operadores de CTD's. Uma vez que são detetados vários desvios relativamente aos *targets* definidos e até então todas as medições eram perdidas ou apenas utilizadas pela Direção de Qualidade, não existia comunicação eficiente entre departamentos no sentido de, em conjunto, identificar melhorias capazes de orientar os indicadores de eficiência no sentido positivo. Neste sentido, foi criada uma base de dados onde estão identificados os artigos em fase de resolução, os comentários relativos aos mesmos, datas de reuniões em conjunto, dados de novas medições, bem como informações e características relativas aos pneus. O objetivo desta medida é a melhoria, a médio prazo, do indicador de desempenho *Yield*.



## 5. OUTRAS MELHORIAS NO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE SECÇÕES

Neste capítulo serão apresentadas duas propostas que visam a melhoria do sistema de medição de secções onde foram identificados alguns problemas. Primeiro, será realizado um estudo dos tempos de medição das secções, visando a otimização do tempo e recursos disponíveis. De seguida, será descrita a implementação de melhorias quer no sistema de digitalização, quer no sistema de medição visual das secções.

### 5.1 Caracterização do problema

O estudo dos tempos é uma técnica de medida do trabalho por observação direta e intensiva através do registo dos tempos e das condições de observação (Costa & Arezes, 2003).

Atualmente existem dois operadores na equipa de Avaliação do Produto, a efetuarem a medição de secções. Conforme é possível verificar na tabela 9, o operador 1 tem como mínimo a medição mensal de cerca de 77 secções e o operador 2 cerca de 43 secções, somando no seu conjunto 120 secções como objetivo conjunto.

*Tabela 9 - Objetivo de medição de cada operador (mensal e diária)*

	<b>Operador 1</b>	<b>Operador 2</b>	<b>Total</b>
<b>Objetivo mensal</b>	77	43	120
<b>Média diária</b>	3,5	2	5,5

### 5.2 Análise do problema

Após a recolha e seleção dos dados a analisar, decidiu-se efetuar a medição e controlo dos tempos de cada operador. São várias as etapas para realizar um estudo dos tempos, entre as quais:

#### I. Selecionar a atividade a analisar

A atividade a analisar é o tempo que um operador demora a medir uma secção.

#### II. Registrar dados relevantes para o estudo

A medição de secções é realizada pelo operador, na posição sentada, com o auxílio de um *software* de medição no computador. Considera-se que é uma atividade de baixo esforço físico.

É também importante para o estudo saber que um turno tem 440 minutos e o tempo de descanso é de 6%, valor este, atribuído de forma geral a todos os trabalhadores da empresa.

### III. Divisão da atividade em elementos

A atividade de medição de secções está dividida em vários elementos:

1. Registo inicial;
2. Marcação dos pontos de referência;
3. Digitalização da secção;
4. Medição;
5. Análise visual;
6. Registo de resultados.

### IV. Cronometragem e registo dos tempos observados

A cronometragem de uma medição em cada operador, das tarefas referidas acima, resultou nos seguintes valores, registados na tabela 10:

*Tabela 10 - Tarefas e respetivos tempos de cada operador*

<b>Tarefa</b>	<b>Operador 1 (s)</b>	<b>Operador 2 (s)</b>
<b>1 Registo inicial</b>	114,81	120,97
<b>2 Marcação dos pontos de referência</b>	243,22	139,93
<b>3 Scan da secção</b>	573,11	406,52
<b>4 Medição</b>	1818,78	2628,49
<b>5 Análise visual</b>	564,84	324,83
<b>6 Registo de resultados</b>	124,04	366,05
<b>Total</b>	<b>3438,8</b>	<b>3986,79</b>

### V. Julgamento da atividade

Aquando da determinação do tempo padrão foi necessário reajustar os tempos registados, uma vez que, não só o tempo observado, por si só, é uma informação escassa como também foi necessário e conveniente incorporar informação relativa ao ritmo do operador.

Para avaliar ou julgar uma atividade escolheu-se um operador com "...um ritmo de trabalho de um executante médio, bem treinado e qualificado...". Para além disso, garantiu-se que a atividade "...não deve exigir ao operador mais do que um esforço razoável e regular." (Costa & Arezes, 2003).

### VI. Determinação do tempo normalizado

Ao registrar os tempos, o avaliador atribuiu uma nota que retrata o ritmo de trabalho do operador, consoante a ideia que o mesmo faz da cadência correspondente à atividade normal de execução. Entende-se como ritmo de trabalho normal o valor 100%.

*Tabela 11 - Tarefas, tempos e rendimentos de cada operador*

<b>Tarefa</b>	<b>Operador 1</b> <b>(s)</b>	<b>Rendimento</b> <b>%</b>	<b>Operador 2</b> <b>(s)</b>	<b>Rendimento</b> <b>%</b>	<b>Tempo</b> <b>Normalizado</b>
<b>1 Registo inicial</b>	114,81	100%	120,97	95%	114,87
<b>2 Marcação dos tempos de referência</b>	243,22	100%	139,93	110%	198,57
<b>3 Scan da secção</b>	573,11	100%	406,52	100%	489,82
<b>4 Medição</b>	1818,78	100%	2628,49	90%	2092,21
<b>5 Medição visual</b>	564,84	95%	324,83	95%	422,59
<b>6 Registo de resultados</b>	124,04	100%	366,05	100%	245,05
<b>Total</b>	<b>3438,8</b>		<b>3986,79</b>		<b>3563,1</b>

A tabela 11 apresenta o tempo normalizado de 3563,1 segundos. “O tempo normalizado representa o tempo que seria preciso para efetuar o elemento de trabalho se o executante trabalhasse à cadência normal” (Costa & Arezes, 2003), calculado a partir da seguinte fórmula [14]:

$$TN = TO \times \frac{FA}{AR} \quad [14]$$

Onde:

*TN* – tempo normalizado;

*TO* – tempo observado (tempo obtido através da cronometragem);

*FA* – fator de atividade;

*AR* – atividade de referência (rendimento %).

## **VII. Determinação das correções aplicáveis**

A determinação de correções assume preponderância na determinação dos tempos uma vez que os operadores estão sujeitos a fatores internos e externos que influenciam a sua performance, tais como a fadiga, o tempo de descanso para necessidades pessoais, a perturbação ao normal funcionamento do trabalho e por outras tarefas complementares à sua tarefa principal.

A correção de fadiga foi um valor atribuído por avaliação subjetiva do executante de medição dos tempos, já anteriormente expresso pela atribuição do valor do rendimento do operador. O descanso, é

um valor atribuído de forma geral a todos os trabalhadores da empresa. De uma forma geral todos os trabalhadores têm direito a 6% do seu tempo total de trabalho, ou seja, cerca de 26,4 minutos por dia. Para além disto, cada operador tem de se deslocar à oficina, em média, uma vez por dia, para esmerilar uma secção. Após medição da distância, o valor médio foi de 235 segundos, o que corresponde a 0,89% do tempo total.

Entre as tarefas auxiliares, os operadores têm atividades diferentes para realizar:

- Ida à oficina
  - 20% das vezes dirigem-se ao gabinete A – 169 segundos;
  - 80% das vezes dirigem-se ao gabinete B – 27 segundos;
- Outros (tarefas menores) – 180 segundos.

O tempo total das tarefas auxiliares corresponde a 228 segundos, mais concretamente a 0,79% do tempo total de trabalho.

### **VIII. Determinação do tempo padrão**

“O tempo padrão (TP) obtém-se quando ao tempo normalizado é somado o total das correções” (Almeida, 2008). É calculado através da seguinte fórmula [15]:

$$TP = TN \times \left[ 1 + \left( \frac{\sum C}{100} \right) \right] \quad [15]$$

Onde:

*TP* – tempo padrão;

*TN* – média do tempo normalizado;

$\sum C$  – soma das correções.

Após obtenção dos tempos das correções, calculou-se na tabela 12 o tempo padrão de medição de uma secção:

*Tabela 12 - Tempos padrão após consideração das correções*

	<b>Tarefa</b>	<b>Tempo Normalizado (s)</b>	<b>Fadiga (%)</b>	<b>Descanso (%)</b>	<b>Perturbações (%)</b>	<b>Tarefas auxiliares (%)</b>	<b>Tempo Padrão (s)</b>
<b>1</b>	<b>Registo inicial</b>	114,87	3%	6%	0,89%	0,79%	127,13
<b>2</b>	<b>Marcação dos tempos de referência</b>	198,57	6%	6%	0,89%	0,79%	225,73
<b>3</b>	<b>Scan da secção</b>	489,82	3%	6%	0,89%	0,79%	542,11
<b>4</b>	<b>Medição</b>	2092,21	9%	6%	0,89%	0,79%	2441,13
<b>5</b>	<b>Medição visual</b>	422,59	9%	6%	0,89%	0,79%	493,07
<b>6</b>	<b>Registo de resultados</b>	245,05	3%	6%	0,89%	0,79%	271,21
						<b>Total</b>	<b>4100,37</b>

O valor total de tempo padrão 4100,37 segundos correspondem a 68,34 minutos necessário para medir uma secção, apresentado na tabela 13:

*Tabela 13 - Cálculo do número de medições por turno*

<b>Tempo Padrão (s)</b>	<b>Tempo Padrão (min)</b>	<b>Medições/turno</b>
<b>4100,37</b>	68,34	6,4

### 5.3 Proposta de ações de melhoria

O estudo dos tempos aumentou a capacidade de medir secções dos operadores, uma vez que existia sub-rendimento e desaproveitamento das faculdades dos mesmos.

A proposta de melhoria passa por realizar cerca de 6,4 secções por turno (tabela 13). Uma vez que cada operador não realiza apenas a tarefa de medição de secções e que ambos têm outras tarefas

diferentes para realizar, foi necessário criar um quadro novo, onde estivessem presentes uma previsão do número de horas despendidas na realização das mesmas.

Do lado esquerdo da tabela 14 é possível verificar as variadas tarefas que os operadores têm de realizar, para além da medição de secções, tais como o acompanhamento de medições de artigos na fase da construção até à realização da inspeção de pneus que serão posteriormente enviados para testes na Continental AG.

*Tabela 14 - Total de tempo despendido na medição*

<b>Tarefas</b>	<b>Operador 1</b>		<b>Operador 2</b>	
	<b>Horas/Dia</b>	<b>Horas/Semana</b>	<b>Horas/Dia</b>	<b>Horas/Semana</b>
<b>Acompanhamentos</b>	—	—	3	15
<b>Planos de corte</b>	—	—	0,5	2,5
<b>Envios COP</b>	0,2	1	1,2	6
<b>Inspeção de pneus</b>	0,4	2	—	—
<b>Ações</b>	—	—	1	5
<b>Extras</b>	0,5	2,5	0,5	2,5
<b>Total</b>	1,1	5,5	6,2	31
<b>Total (Minutos)</b>	66	330	372	1860
<b>Turno (Minutos)</b>	440	2200	440	2200
<b>Turno - atividades extra (Minutos)</b>	374	1870	68	340

Sabendo que cada turno tem efetivamente 440 minutos e que numa semana os operadores cumprem 2200 minutos de laboração, substituiu-se estes valores ao tempo despendido em atividades extra referidas anteriormente.

Os resultados finais do número de secções que devem ser medidas estão expostos no quadro abaixo (tabela 15):

*Tabela 15 - Número de secções a serem medidas por cada operador (diária, semana e mensal)*

	<b>Operador 1</b>		<b>Operador 2</b>	
	<b>Diária</b>			
<b>Nº medições</b>	<b>Diária</b>	5,5	1	
	<b>Semanal</b>	27,4	5	
	<b>Mensal</b>	120	22	

Todas as alterações que foram efetuadas realizaram-se no sentido de melhorar não só o desempenho como também a eficiência dos recursos disponíveis. Com isto, os operadores passaram a realizar 142 medições em conjunto em vez das atuais 120, ou seja, um incremento de cerca de 18% face ao anterior disposto. Esta mudança também permitiu clarificar e aprofundar as tarefas realizadas por cada operador, bem como precisar o tempo despendido em cada uma delas.

### 5.3.1 Melhoria do sistema de digitalização

A digitalização é um processo pela qual uma imagem é transformada num código digital, capaz de ser visualizado no monitor do computador.

A qualidade da imagem é uma necessidade para os operadores que medem secções, uma vez que uma imagem nítida permite a visualização clara de todos os parâmetros mensuráveis. Para melhorar a qualidade de imagem do digitalizador é necessário ajustar os parâmetros de imagem chamados níveis de gradação. Para melhoria do sistema de digitalização, foi então realizado um pequeno estudo na DQ a fim de uniformizar os níveis de gradação do digitalizador, uma vez que cada um dos operadores utilizava níveis diferentes. O estudo consistiu na atribuição de uma avaliação comparativa entre cinco fotografias da mesma secção, pedindo a vários colaboradores do departamento para pontuarem cada imagem, a fim de definirem somente um nível de gradação do digitalizador. A partir do momento da padronização da uniformização, todos os operadores e chefias afetos à Avaliação do Produto começaram a utilizar os mesmos níveis de gradação.

### 5.3.2 Introdução de um sistema de calibração do scanner

Para além da escolha dos melhores parâmetros de gradação, foi introduzido um esquadro na plataforma de digitalização, o que permite não só ao operador um melhor alinhamento da secção, evitando uma digitalização atrofiada pelo desnível da mesma, mas também a criação de um sistema simples e prático de calibração do *scanner*, uma vez que viabiliza a todo e qualquer operador, através de uma medição simples no *software*, validar os valores reais.

Em conjunto com esta implementação, foi concebido uma carta de controlo que permite ao operador registar mensalmente os valores medidos no software e facilmente criar um sistema de controlo eficaz, rápido e simplificado.

### 5.3.3 Melhoria da medição visual

O sistema de medição divide-se em medição mensurável e medição visual. A medição visual consiste numa análise subjetiva do operador com base em determinados parâmetros definidos para tal. A medição mensurável consiste na medição da distância entre dois pontos que definem um determinado parâmetro.

A medição de uma secção exige a cada operador a avaliação de parâmetros visuais que são inerentes à necessidade de atribuir uma nota definida apenas por duas instâncias: a atribuição de *grade A*, caso o parâmetro esteja dentro do pressuposto visual e *grade B*, caso contrário.

Sempre que o operador termina a realização da avaliação de uma secção, a mesma é arquivada dentro de caixas que posteriormente serão acondicionadas num armazém para o efeito. Uma vez que existem parâmetros visuais que não são visíveis através da digitalização da imagem, quando havia a necessidade de verificar tardiamente a secção, decorria a necessidade de deslocação ao armazém, encontrar a caixa respetiva, achar a secção correspondente e deslocar-se novamente para o seu posto de trabalho. Tudo isto criava, rotineiramente, atrasos ao trabalho efetivo dos operadores bem como procrastinação, uma vez que constantemente adiavam a realização do mesmo. Esta situação configura um dos sete grandes desperdícios evidenciados por Taichi Ohno: a ‘movimentação’ desnecessária de pessoas. Para (Ohno, 1997), os “desperdícios referem-se a todos os elementos da produção que só aumentam os custos sem agregar valor.”.

Assim, a proposta de melhoria consiste na introdução de uma câmara fotográfica com capacidades de tirar fotografias macro de boa qualidade. A fotografia fica inserida numa base de dados, do *software CTD Tool*, para mais tarde poder ser consultada.

Um dos parâmetros mais consideráveis na medição visual é o Be, o parâmetro que avalia a penetração de borracha nas cordas. Se pelo menos em mais de 90% das cordas não se observar penetração de borracha, o parâmetro é classificado com *grade A*. Na opinião dos envolvidos face à proposta, guardar uma fotografia deste parâmetro passou a vigorar como fundamental, por parte de todos os operadores de CTD's, uma vez que se trata de um *blue item*, ou seja um parâmetro obrigatório. Só serão selecionadas fotografias de outros parâmetros se forem avaliados negativamente, caso contrário, os operadores ficam dispensados do mesmo.

Os benefícios da melhoria dos sistemas de medição de secções trouxeram, sobretudo, rigor nas medições de secções – o ponto fulcral para a equipa de Avaliação do Produto.

## CONCLUSÃO

O trabalho realizado na Continental Mabor teve como principal objetivo a melhoria do indicador de performance *Yield*, medidor da performance da medição de secções de um pneu. Tendo em conta este objetivo, conclui-se que foram alcançadas as metas inicialmente estipuladas para a melhoria dos CTD's. Relativamente à medição por parte dos técnicos, foram introduzidas algumas melhorias no sentido de aprimorar o processo que até então era realizado com menor precisão.

Numa primeira fase foram analisados todos os parâmetros que eram medidos e para os quais existiam tolerâncias técnicas (associados a variáveis contínuas) ou critérios de aceitação (associados a atributos do produto), tendo em conta que os parâmetros *blue items* tinham maior influência. Sabendo à partida que se poderia tratar de um problema da diferença existente entre materiais dos vários componentes, realizou-se uma análise de como os mesmos influenciavam as medições. Neste estudo verificou-se que os vários componentes constituintes do pneu não têm uma influência direta com o valor de decréscimo do *breaker*. Assim sendo, o estudo em causa evoluiu no sentido de descobrir o porquê da existência de diferenças face ao valor nominal especificado, bem como o porquê de existirem valores fora dos limites de especificação.

Após análise dos valores em histórico, o autor da dissertação iniciou uma investigação, analisando cerca de três pneus de dez medidas diferentes, chegando à conclusão que as tendências verificadas em histórico eram coerentes com a nova pesquisa efetuada. Foram propostas, pelo autor, três novas melhorias, que tiveram um impacto positivo no parâmetro G11. Para futuramente poderem ser aplicadas a todos os outros parâmetros, criou-se um sistema por forma ao Departamento de Qualidade conseguir melhorar todos os valores nominais de medição dos CTD's.

A frequência relativa de não conformidades do parâmetro estudado, que inicialmente se encontrava na segunda posição está, após a implementação de diversas ações, na oitava posição. Apesar da dificuldade de tornar o sistema de medição mais estável, as mudanças no nível *sigma*, anteriormente 2,47, e também a redução dos DPMO que até então eram de cerca de 166 983, são um objetivo que, embora ainda não confirmado pelo autor, dado o pouco tempo de investigação (6 meses), se esperam melhorias significativas.

Relativamente ao objetivo principal desta dissertação, o aumento da percentagem de *Yield* tornou-se uma realidade, embora ainda não dentro do objetivo traçado pela empresa, de 78%. Contudo, desde janeiro de 2016 até abril de 2017 a média da percentagem de *Yield* passou de aproximadamente 66% para uns atuais 73,2% desde agosto até dezembro de 2017.

Por último, foi realizado um estudo do número de medições passíveis de serem realizadas pelos operadores, passando das atuais 120 para 142 medições mensais que, se traduz num incremento de 18%. Esta mudança permitiu clarificar e precisar o tempo das tarefas de cada operador.

A análise e melhoria do processo de medição, recorrendo à análise DMAIC foi eficaz, tal como o uso dos princípios do *Six Sigma*. Foram respondidas com sucesso todos os objetivos da investigação, tendo em conta todas as formalidades, restrições e contratempos característicos de uma empresa de grande dimensão, onde foi realizado este estudo.

## **LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

Durante a realização do projeto na Continental Mabor surgiram alguns obstáculos como a falta de disponibilidade de alguns elementos de outras direções, quer pelo *know-how* que poderiam acrescentar, quer pelo acesso a dados importantes e necessários a esta dissertação, nomeadamente falando de dados relativos a mudanças ao nível do produto.

A curta duração do projeto dentro da empresa também foi um obstáculo uma vez que não houve tempo para analisar algumas das variáveis externas ao processo, intimamente ligadas ao processo de vulcanização. Se por um lado falamos de um processo com muita variabilidade, por outro, o escasso tempo dentro da empresa não permitiu verificar do melhor modo o impacto e eficácia das medidas de controlo implementadas após o término do projeto.

O facto de a empresa ter no seu catálogo de produtos mais de mil referências limitou a análise em estudo a apenas dez códigos reduzidos. Tentamos, contudo, que cobrissem o maior espectro de casos diferenciados passíveis de ocorrência.

Outro dos pontos que me parece ter existido uma falha foi a não realização de um estudo R&R que permitira avaliar a precisão do sistema de medição de secções. A normalização deste sistema poderia ter sido uma das propostas de melhoria do DMAIC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulfatah, S. E. (2016). The role of total quality management in the factories of calcareous stone in Libya. *International Journal of Applied Research*, 327-330.
- Almeida, M. M. (2008). *Estudo do trabalho na confeção - cronometragem e sistemas de tempos pré-determinados*. Universidade do Minho, Guimarães.
- Antony, J., Kumar, M., & Tiwari, M. (2005). An application of Six Sigma methodology to reduce the engine-overheating problem in an automotive company. *Journal of Engineering Manufacture*, 219, 663-649.
- Campos, M. (2 de junho de 1999). Em busca do padrão Seis Sigma. *Revista Exame*.
- Chrysler Corporation. (2005). *Statistical Process Control (SPC)*. Ford Motor Company. General Motors Corporation.
- Clegg, B., Pepper, M. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 138-145.
- Costa, L., & Arezes, P. (2003). *Introdução ao estudo do trabalho*. Universidade do Minho - Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Guimarães.
- de Souza, C. D., & Márcio de Almeida, D. A. (2013). Value chain analysis applied to the scrap tire reverse logistics chain: an applied study of co-processing in the cement industry. *Resource Conservation and Recycling*, 78, 15-25.
- Deming, W. E. (2000). *Out of crisis*. MIT Press.
- Deshmukh, S., & Lakhe, R. (2008). Six Sigma - an innovative approach for waste reduction: a case study of an Indian SME. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1553-1556). Singapore: IEEM 2008.
- Erbiyik, H., & Saru, M. (2015). Six Sigma implementations in supply chain: an application for an automotive subsidiary industry. *World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship*. 195, pp. 2556-2565. Bursa, Turkey: Procedia Social Behaviour and Science.
- Filho, G. V. (2014). *Gestão da Qualidade Total*. Brasil: Alínea.
- Gomes, J. P. (2004). A Evolução do Conceito de Qualidade: dos Bens Manufacturados aos Serviços de Informação. *Cadernos BAD*.
- Govindan, K., Shankar, K. M., & Kannan, D. (2016). Application of fuzzy analytic network process for barrier evaluation in automotive parts remanufacturing towards cleaner production - a study in an Indian Scenario. *J Clean Product*, 114, 119-213.

- Grupta, K., & Kumar, G. (2014). Six Sigma application in warehouse for damaged bags: a case study. *3rd International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO)* (pp. 1-6). Amity University, Uttar Pradesh, Noida, India: IEEE.
- Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J., Soriano-Meier, H., & Rocha-Lona, L. (2012). A case study of effects reduction in a rubber gloves manufacturing process by applying Six Sigma principles and DMAIC problem solving methodology. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 77-81). Istanbul, Turkey: IEEE.
- Juran, J., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's quality handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Kannan, D., Diabat, A., & Shankar, K. M. (2014). Analyzing the drivers of end-of-life tire management using interpretive structural modeling (ISM). *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, 72, 1603-1614.
- Klein, J. D. (26 de August de 2013). *Dunn Tire Blog*. Obtido de Dunn Tire : <http://www.dunntire.com/blog/Dunn-Tire-uses-Six-Sigma-to-improve-business-processes>
- Lebreton, B., & Tuma, A. (2006). A quantitative approach to assessing the profitability of car and truck tire remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 639-652.
- Liu, Y.-N., & Li, K. (2011). Application of Six Sigma methodology DMAIC in HR project management - a case study of Motorola SC HR Dss project. *IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)* (pp. 1340-1343). Guangzhou, China: IEEE.
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma: methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31, 1-20.
- Montgomery, D. C. (2009). *Statistical Quality Control: a modern introduction*. USA: John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C., Runger, G. C., & Hublele, N. F. (2011). *Engineering Statistics*. USA: John Wiley & Sons.
- Ohno, T. (1997). *Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Pacheco, D., Pergher, I., Vaccaro, G., Jung, C., & Caten, C. (2015). 18 comparative aspects between Lean and Six Sigma: Complementary and implications. *International Journal of Lean Six Sigma*, 27(2), 138-145.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2001). *Estratégia Six Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando o seu desempenho*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Petenate, M. (1 de Novembro de 2012). *Ferramenta para melhoria - SIPOC*. Obtido de Escola EDTI: <http://www.escolaedti.com.br/ferramenta-melhoria-sipoc/>

- Petenate, M. (15 de Agosto de 2017). *Lean e Seis Sigma: qual a diferença?* Obtido de Escola EDTI: <http://www.escolaedti.com.br/lean-e-seis-sigma-qual-a-diferenca/>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The six sigma handbook*. USA: McGraw-Hill Education.
- Safwat, T., & Ezzat, A. (2008). Applying Six Sigma techniques in plastic injection molding industry. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 2041-2045). Singapore: IEEM 2008.
- Sampaio, P. (1 de Outubro de 2015). Slides das aulas da unidade curricular de Complementos de Engenharia e Gestão da Qualidade. *Planeamento da Qualidade*. Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students* (5th ed.). Harlow, England: Prentice Hall.
- Su, C.-T., Chou, C.-J., & Chen, L.-F. (2009). Application of Six Sigma methodology to optimize the performance of the inter-metal dielectric process. *IEEE Transactions on semiconductor Manufacturing*, 22, 297-304.
- Werkema, M. C. (1995). *As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos*. Belo Horizonte, Brasil: QFCO.
- Whetherill, G. B. (1986). *Regression Analyses with Applications*. Springer Netherlands.

## ANEXO I – CONTINENTAL AG

A Continental AG foi fundada em outubro de 1871, na cidade de Hannover, localizada em território Alemão. Originalmente produzia artefactos de borracha e pneus para bicicletas e carruagens. Mais tarde, no ano de 1898, inicia a produção de pneus lisos, ainda sem desenho, para automóveis.

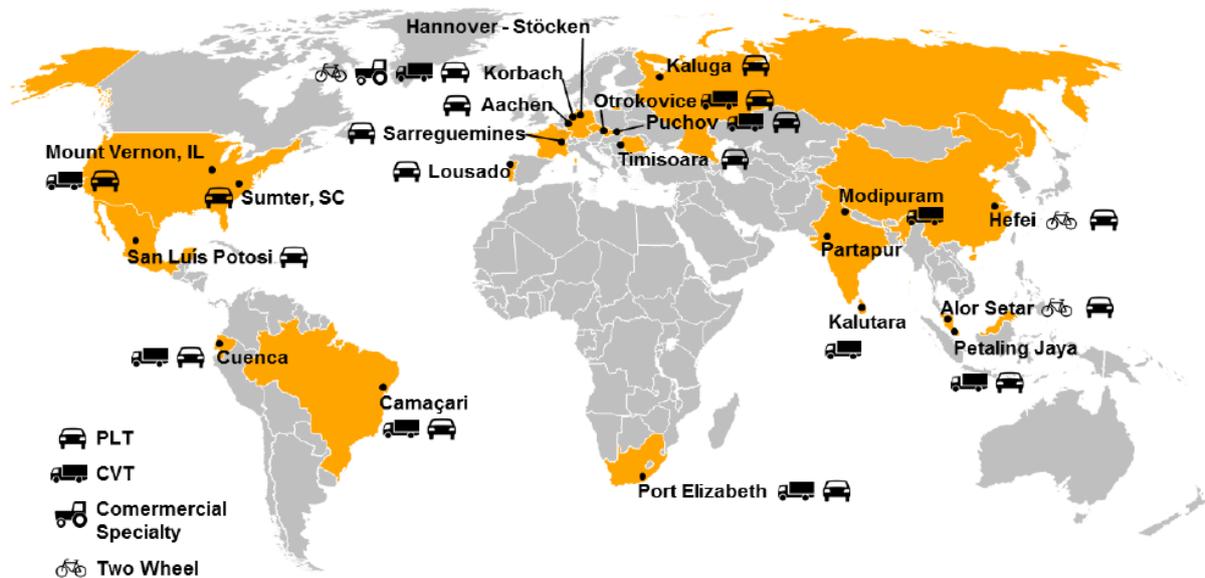


Ao longo de vários anos, foi adquirindo larga experiência na tecnologia e conhecimento de fabrico de pneus e sistemas de travagem, tecnologias de transmissão de potência, bem como sensores e sistema eletrónico. Em 2007, adquiriu a Siemens VDO Automotive AG, tornando-se um dos 5 maiores fornecedores a nível mundial da indústria automóvel. Atualmente, em 2017, a empresa conta com cerca de 222 137 colaboradores distribuídos por 56 países em 427 locais diferentes.

A continental está dividida em dois grandes grupos: o Grupo Automotivo, com três divisões: Chassis e Segurança, Powertrain e Interiores; e o Grupo da Borracha, com duas divisões: Pneus e ContiTech.

<b>Continental Corporation</b>				
<b>Grupo Automotivo</b>			<b>Grupo da Borracha</b>	
Chassis & Segurança	Powertrain	Interiores	<b>Pneus</b>	<b>ContiTech</b>

Em 2016, a empresa gerou vendas no valor aproximado de 40,5 mil milhões de euros, sendo que a maior fatia representativa de 26% do total de vendas, corresponde à indústria de pneu. Na indústria de pneus, o grupo Continental está representado por 20 fábricas em cerca de 15 países (Figura 12).



A Continental está representada em Portugal desde 1989, quando adquiriu a Mabor, que foi a primeira fábrica pneumática em Portugal a produzir desde 1946. Nos dias de hoje, o grupo Continental está presente em seis empresas a nível nacional, com especial representatividade na sua unidade industrial de Lousado.

## ANEXO II – CONTINENTAL MABOR

A Mabor ou Manufatura Nacional de Borracha, nasceu em 1940, na freguesia de Lousado, em Vila Nova de Famalicão. Foi a primeira fábrica pneumática em Portugal, tendo iniciado a produção de pneus para ligeiros, motos, pesados e até para o veículo blindado português ‘chaimite’, sob a marca “Mabor General”.



Quando a AutoEuropa surgiu em Portugal, cerca de quarenta anos mais tarde, em 1989, o estado português obrigou a mesma a incorporar componentes produzidos em território nacional. O grupo Continental verificou a existência de uma oportunidade de negócio e funde-se com a Mabor, criando assim, a que ainda hoje se denomina Continental Mabor.

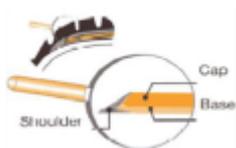
A reestruturação da fusão então realizada, iniciou-se em julho de 1990, transformando as antigas instalações da Mabor na maior e mais moderna unidade fabril da Continental a nível mundial. A produção de 5 mil pneus diários, em 1990, rapidamente quadruplicou após 6 anos e, nos dias de hoje, a produção escalou para uns incríveis valores de aproximadamente 60 mil pneus diários. Tudo isto contribuiu para que a Continental Mabor – Indústria de Pneus se classificasse como uma das fábricas com melhor índice de produtividade do grupo.

A gama de pneus produzidos atualmente inclui pneus muito variados, desde pneus destinados para veículos comuns, SUV's (*Sport Utility Vehicles*), alta performance e até, mais recentemente, para veículos agrícolas.

Cerca de 98% da produção da Continental Mabor destina-se à exportação, sendo que mais de metade é absorvida pelo MS (mercado de substituição) e o restante é distribuído para os grandes construtores da indústria automóvel.

## ANEXO III – COMPONENTES DO PNEU

### 1. Piso



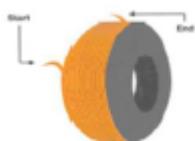
**Material:** Borracha natural e sintética

**Funções:** Capa – fornece aderência, resistência ao desgaste e estabilidade direcional

Base – reduz a resistência ao rolamento e protege a carcaça

Extremo – garante a transição para a parede

### 2. Cinta têxtil

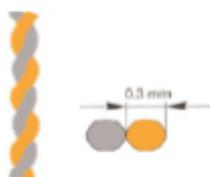


**Material:** Nylon coberto por camada de borracha

**Funções:** Promove a adaptabilidade para altas velocidades e precisão de fabrico

### 3. Cinta metálica ou

*breaker*



**Material:** Cordas de aço

**Funções:** Retém a forma e estabilidade direcional. Reduz a resistência ao rolamento. Aumenta a longevidade do pneu

### 4. Tela têxtil



**Material:** Poliéster ou rayon coberto de borracha

**Funções:** Fornece consistência ao pneu e mantém-se sob elevadas pressões internas

### 5. Camada ou

*innerliner*



**Material:** Borracha butil

**Funções:** Retém o ar dentro do pneu. Funciona como câmara de ar nos pneus modernos.

### 6. Parede



**Material:** à base de borracha natural

**Funções:** Protege a carcaça contra choques laterais e contra a degradação atmosférica

### 7. Cunha de talão

**Material:** à base de borracha sintética

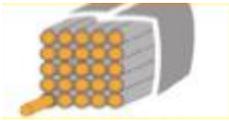
**Funções:** Fornece estabilidade direcional, precisão na condução e



melhora conforto

---

### 8. Núcleo de talão



**Material:** Fio de aço de cobre coberto com borracha

**Funções:** Assegura que o talão assente com firmeza na jante

---

### 9. Reforço do talão



**Material:** Nylon coberto por camada de borracha

**Funções:** Fornece estabilidade direcional, precisão na condução e  
melhora conforto

---

## ANEXO IV – PROCESSO PRODUTIVO DA CONTINENTAL MABOR

### Departamento I – Misturação

A Misturação é o início do processo produtivo, responsável pela produção dos compostos utilizados na produção de componentes. Aqui dá-se início ao sistema produtivo, local onde são misturadas as matérias-primas tais como borracha natural e sintética, pigmentos, óleo mineral, silícia, negro de fumo, entre outros que, após a passagem nos “*masters*” (misturadoras para a produção de borracha intermédia) e “ *finais*” (misturadoras para a produção de borracha final), a borracha possa prosseguir para a fase seguinte.



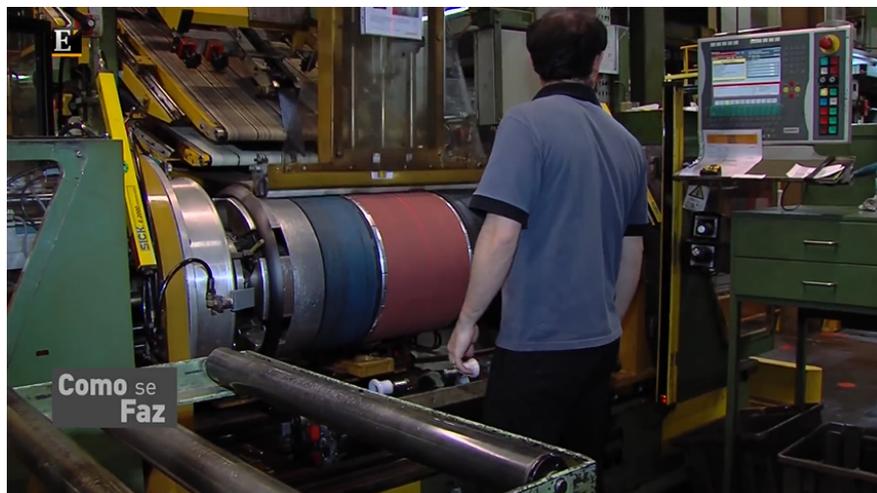
### Departamento II – Preparação

O departamento da Preparação, é o responsável pela produção de todos os componentes necessários para a construção do pneu, ou seja, é fornecedor do departamento III, a construção. Este departamento divide-se em dois subdepartamentos: a preparação a quente, onde são produzidos os pisos, as paredes e todos os elementos constituintes do talão (talão e cunha), sendo as extrusoras as máquinas mais utilizadas para a produção dos vários componentes; a preparação a frio tem como objetivo produzir todos os componentes necessários para a montagem do pneu. Esta é a fase em que se produzem a camada, os *breakers*, os *cap plys* e as telas têxteis, em máquinas respetivamente denominadas de *innerliners*, *calandras*, *capstrips* e máquinas de corte têxtil e metálico.



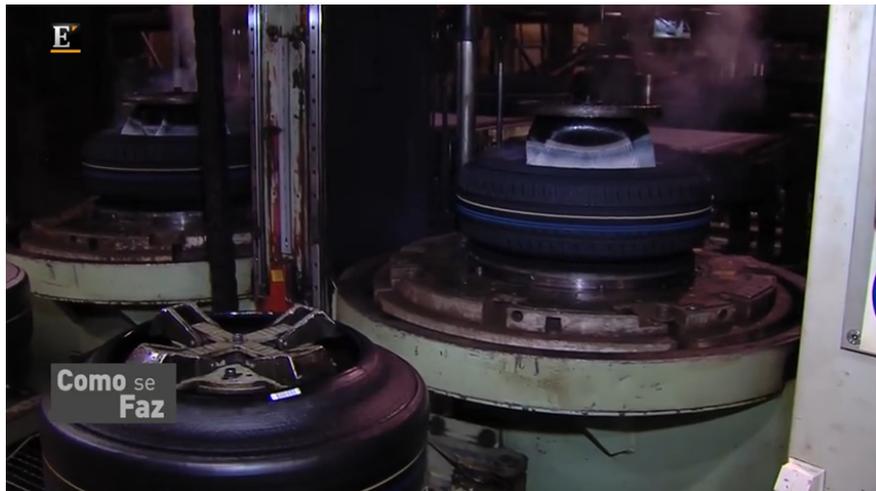
### **Departamento III – Construção**

A fase da Construção divide-se em dois processos, sendo ambos realizados no mesmo módulo: a construção da carcaça, realizada em máquinas denominadas KM e a finalização da construção do “pneu em verde”, que é realizado nas máquinas denominadas PU. Na KM é construída a carcaça, começando pela união do *innerliner* com a tela têxtil, seguindo-se o talão e, por fim, as paredes laterais. A carcaça é então transportada sob um transportador de rolos, por gravidade, para a PU, onde finalmente recebe os *breakers*, o *cap ply* e o piso.



### **Departamento IV – Vulcanização**

Previamente ao processo de vulcanização, é realizada a lubrificação da zona interior do pneu em máquinas de pintura, uma vez que este processo facilitará a extração do pneu nos diafragmas das prensas de vulcanização. Posteriormente, os pneus são levados para a zona de vulcanização através de transportadores automáticos (GTC), colocados nas prensas e sujeitos a altas temperaturas e pressões, em média durante dez minutos, nos moldes que conferem o aspeto final ao pneu.



### **Departamento V – Inspeção final**

O último departamento é o da inspeção final. Este departamento é responsável pela aprovação dos pneus antes de passarem para a comercialização. No pneu são realizadas várias verificações visuais: imperfeições, inspeções automáticas, vários ensaios geométricos, balanceamento entre outros necessários para aprovação do pneu. Depois de aprovado o cumprimento de todos os requisitos de qualidade, os pneus são encaminhados através de tapetes transportadores para paletes e, finalmente, transportados para o Armazém de Produto Acabado (APA).



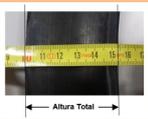
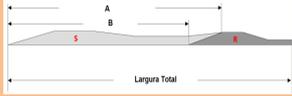
# ANEXO V – FOLHA DE ACOMPANHAMENTOS



Turno
-------

Data	
Insp.	
I n f o	KM / PU
	Cód. Red.
	Artigo
	Código de Barras (Colocar 2 pintas laranjas)

**Todos os materiais devem estar centrados.**  
**1ª Verificação antes de iniciar a marcação de pneus.**

		Tolerância	Medido		NOK
			Piso	Paredes	
C a r a c t e r í s t i c a s	1	-	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NOK	
		<b>Perfil</b>			
		Colocar no perfil; nº da fieira, nº da extrusora, data de extrusão e nº carro/cassete.			
	2	± 5	Largura:		<input type="checkbox"/>
	3	± 3	Largura:		<input type="checkbox"/>
	4	± 3	Largura:		<input type="checkbox"/>
	5	≤ 49,9 ± 2 ≥ 50,0 ± 3	Altura:		<input type="checkbox"/>
		<b>Cunha de Talão</b>			
		Medir desde da extremidade da cunha até ao final do núcleo.			
					
	6	± 3	Esq.	Larg. Total:	<input type="checkbox"/>
	<b>Largura e Transição das Paredes</b>				
	Ext: _____ Cod Mat: _____ Data Prod: _____ Casset: _____		A:	<input type="checkbox"/>	
			B:	<input type="checkbox"/>	
		Dir.	Larg. Total:	<input type="checkbox"/>	
			A:	<input type="checkbox"/>	
			B:	<input type="checkbox"/>	
7	± 2	Têxtil	Largura Esq.:	<input type="checkbox"/>	
	<b>Reforço de Talão</b>				
		Metálico	Largura Dir.:	<input type="checkbox"/>	
8	± 1,5	Fisher nº:		<input type="checkbox"/>	
	<b>1º Breaker</b>				
	Verificar se o breaker não é recuperado. Verificar o Breaker em todo o seu perímetro.		Largura:	<input type="checkbox"/>	
9	± 1,5	Fisher nº:		<input type="checkbox"/>	
	<b>2º Breaker</b>				
	Verificar se o breaker não é recuperado. Verificar o Breaker em todo o seu perímetro.		Largura:	<input type="checkbox"/>	
10	± 1	Dist. Capply e 1º Breaker:		<input type="checkbox"/>	
	<b>Capply</b>				
	Verificar no movimento do anel para o expansor se existe no mínimo 2 mm a todo o perímetro entre o 1º breaker e a extremidade do capply.		Largura Total:	<input type="checkbox"/>	
11	± 4	<input type="checkbox"/> Marcação Maxiwing		<input type="checkbox"/>	
	<b>Piso</b>				
	Nos pisos com Maxiwing é obrigatório marcar (com lápis branco) a toda a volta a sua terminação.		Largura:	<input type="checkbox"/>	
	<b>Base do Piso</b>		Largura:	<input type="checkbox"/>	

Comentários:

## ANEXO VI – VALORES EM HISTÓRICO DO PARÂMETRO G11 (10 CÓDIGOS REDUZIDOS)

Código Reduzido 478

AF	Características do pneu				Data de medição		Valores		
	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
8039	1553434	PAXARO	WINTER	165/70 R 14	2015	13	130	134,94	4,94
8314	1541027	BARUM	POLARIS 3	165/70 R 14	2015	19	130	130,60	0,60
8408	1541027	BARUM	POLARIS 3	165/70 R 14	2015	20	130	133,48	3,48
8647	1541027	BARUM	POLARIS 3	165/70 R 14	2015	27	130	132,54	2,54
11787	1541027	BARUM	POLARIS 3	165/70 R 14	2016	12	130	134,01	4,01
11965	1553434	PAXARO	WINTER	165/70 R 14	2016	21	130	132,77	2,77
12367	1541027	BARUM	POLARIS 3	165/70 R 14	2016	30	130	134,10	4,10
							<b>Média</b>	<b>133,21</b>	<b>3,21</b>

Código Reduzido 563

AF	Características do pneu				Data de medição		Valores		
	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
7824	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	6	198	202,17	4,17
7911	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	9	198	200,52	2,52
7935	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	9	198	198,73	0,73
8175	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	15	198	204,90	6,90
8269	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	17	198	202,95	4,95
8404	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	21	198	199,39	1,39
9770	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	45	198	201,69	3,69
10044	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2015	48	198	202,30	4,30
10194	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2016	1	198	203,80	5,80
10527	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2016	7	198	203,01	5,01
10760	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2016	10	198	202,98	4,98
10979	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2016	13	198	203,54	5,54
12247	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2016	29	198	205,51	7,51
12962	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2016	39	198	202,35	4,35
14146	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2017	2	198	204,84	6,84
14491	356233	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5 AO	225/40 R 18	2017	7	198	207,92	9,92
							<b>Média</b>	<b>202,91</b>	<b>4,91</b>

## Código Reduzido 597

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
7740	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2015	1	199	204,02	5,02
9777	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2015	44	199	209,73	10,73
9915	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2015	47	199	203,97	4,97
9956	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2015	48	199	203,98	4,98
11568	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2016	12	199	206,39	7,39
12897	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2016	39	199	207,89	8,89
12930	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2016	31	199	203,39	4,39
14059	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2017	1	199	206,33	7,33
14189	351965	CONTINENTAL	CONTISPORTCONTACT 5	235/45 R 19	2017	3	203	207,96	4,96
							<b>Média</b>	<b>205,51</b>	<b>6,51</b>

## Código Reduzido 655

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
7567	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2015	1	146	147,19	1,19
9740	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2015	44	146	148,11	2,11
10012	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2015	49	146	148,65	2,65
10142	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2015	50	146	149,20	3,20
10521	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	7	146	149,61	3,61
10967	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	13	146	150,05	4,05
12311	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	29	146	151,03	5,03
13122	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	41	146	151,25	5,25
13199	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	41	146	152,12	6,12
13369	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	44	146	149,95	3,95
13793	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2016	39	146	147,19	1,19
14114	351914	CONTINENTAL	CONTIECOCONTACT 5	185/65 R 15	2017	2	146	147,30	1,30
							<b>Média</b>	<b>149,30</b>	<b>3,30</b>

## Código Reduzido 778

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
9750	356261	CONTINENTAL	CONTIPREMIUMCONTACT 5	205/60 R 15	2015	44	172	178,74	6,74
9931	356261	CONTINENTAL	CONTIPREMIUMCONTACT 5	205/60 R 15	2015	47	172	178,19	6,19
10008	356261	CONTINENTAL	CONTIPREMIUMCONTACT 5	205/60 R 15	2015	48	172	177,85	5,85
10520	356261	CONTINENTAL	CONTIPREMIUMCONTACT 5	205/60 R 15	2016	7	172	177,04	5,04
							<b>Média</b>	<b>177,95</b>	<b>5,95</b>

## Código Reduzido 949

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
8537	354375	CONTINENTAL	WINTERCONTACT	225/65 R 17	2015	23	180	186,86	6,86
8830	354375	CONTINENTAL	WINTERCONTACT	225/65 R 17	2015	26	180	186,43	6,43
9074	354375	CONTINENTAL	WINTERCONTACT	225/65 R 17	2015	34	180	184,05	4,05
10708	354375	CONTINENTAL	WINTERCONTACT	225/65 R 17	2016	9	180	184,52	4,52
							<b>Média</b>	<b>185,46</b>	<b>5,46</b>

## Código Reduzido 959

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
11723	363138	UNIROYAL	ALLSEASONEXPERT	185/60 R 15	2016	18	146	151,82	5,82
12318	363138	UNIROYAL	ALLSEASONEXPERT	185/60 R 15	2016	30	146	148,72	2,72
							<b>Média</b>	<b>150,27</b>	<b>4,27</b>

Código Reduzido 982

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
13077	450505	GENERAL	GRABBER HTS60	265/50 R 20	2016	36	225	230,75	5,75
13261	450505	GENERAL	GRABBER HTS60	265/50 R 20	2016	43	225	232,44	7,44
13725	450505	GENERAL	GRABBER HTS60	265/50 R 20	2016	48	225	232,82	7,82
13790	450505	GENERAL	GRABBER HTS60	265/50 R 20	2016	48	225	234,54	9,54
							<b>Média</b>	<b>232,64</b>	<b>7,64</b>

Código Reduzido 083

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
8374	353208	CONTINENTAL	CONTIWINTERCONTACT	225/60 R 16	2015	21	183	184,89	1,89
9348	353208	CONTINENTAL	CONTIWINTERCONTACT	225/60 R 16	2015	39	183	186,44	3,44
13492	353208	CONTINENTAL	CONTIWINTERCONTACT	225/60 R 16	2016	41	183	188,21	5,21
							<b>Média</b>	<b>186,51</b>	<b>3,51</b>

Código Reduzido 095

Características do pneu					Data de medição		Valores		
AF	Artigo	Marca	Nome Produto	Dimensão	Ano	Semana	Target (mm)	Medição (mm)	Diferença (mm)
7836	1551987	FEUVERT	EFFICIENCY	185/60 R 15	2015	5	145	149,91	4,91
7963	1552866	Motrio	Conquest	185/60 R 15	2014	42	145	147,66	2,66
8700	1551987	FEUVERT	EFFICIENCY	185/60 R 15	2015	28	145	149,98	4,98
9759	1532170	MABOR	SPORT-JET 3	185/60 R 15	2015	36	145	149,20	4,20
10986	341157	GISLAVED	URBAN*SPEED	185/60 R 15	2016	13	145	150,02	5,02
11214	1532170	MABOR	SPORT-JET 3	185/60 R 15	2016	11	145	149,59	4,59
11273	1532170	MABOR	SPORT-JET 3	185/60 R 15	2016	16	145	147,26	2,26
12033	1551987	FEUVERT	EFFICIENCY	185/60 R 15	2016	12	145	149,93	4,93
12246	341157	GISLAVED	URBAN*SPEED	185/60 R 15	2016	29	145	149,06	4,06
12362	1551987	FEUVERT	EFFICIENCY	185/60 R 15	2016	30	145	150,01	5,01
12981	1552866	Motrio	Conquest	185/60 R 15	2016	30	145	148,85	3,85
13175	342084	TYFOON	CONNEXION 5	185/60 R 15	2016	42	145	148,78	3,78
13808	342084	TYFOON	CONNEXION 5	185/60 R 15	2016	43	145	149,92	4,92
14529	341157	GISLAVED	URBAN*SPEED	185/60 R 15	2017	5	145	149,14	4,14
							<b>Média</b>	<b>149,24</b>	<b>4,24</b>

## ANEXO VII – SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO EM CONJUNTO COM A DIP (EXEMPLO DA FOLHA EXCEL)

Artigo	Cód. Re	Size	Size2	Owner	Comentários	COP	Produção	CB Acompanh	AF Acompanh	Action Log	Status DQ	CTD	AF	DIP	DATA	DATP
0362888	381	215/65 R 16 9	215	Stefano Araújo	(21/03/2017) - 2 x mal. (28/03/2017) - Medir novamente para confirmação de resultados. (06/09/2017) - Stefano   Tiago - Tem RN aberta e está a trabalhar nisso, Medir novamente porque já sofreu alterações desde de meio de Agosto. (11/09/2017) - Torres - marcação de pneu na vulcanização para confirmação das alterações introduzidas, CTD OK - ação fechada com a AF17085.		Não						17085			
0356531	382	275/45 R 18 14	275	António Costa	(30/08/2017) - L.99 2x mal, com valores superiores ao esperado. (31/08/2017) - Antonio Costa   Tiago - Artigo em histórico.		Não									
0354420	385	265/50 R 20 1	265	Fabrice Moreira			Não							x		
1548972	400	215/45 ZR 18	215	Stefano Araújo	(31/05/2016) - Pedido CTD update (target mal definido) a 30/05/2016 ao Owner. (Email) (12/09/2016) - Enviado novo email ao Owner (Jair Solis). Target tem de ser alterado de 17 para 30. (28/11/2016) - Enviado novo email ao Michal e Jair Solis (em separado) para libertar a RN que está em Draft. (29/11/2016) - Recebido email do Jair Solis com Update realizado.		Não									
0350529	402	205/55 R 16 9	205	Fabrice Moreira	(27/01/2017) - G11 sempre no limite máximo necessitamos de correção (24/08/2017) - Fechado com a AF-16349 (29/08/2017) - Fabrice necessita de secção controlada. (18/09/2017) - Torres - Medida acompanhada com pedido de correção da PL 231 (mais massa na zona do W138 como mostra a AF 16349). Pneu marcado para CTD (27/09/2017) - Tiago - Torres acompanhou pneu e pediu correção da PL-231. AF- 17192 fixa, mas W138 no limite da tolerância 9 mm. G11 target 170 mm, medido 174,3 mm no limite da tolerância.	Sim	Não	1720507235	17192	402	23/08/17	x	ongoing		18/09/17	x
0356034	404	235/50 R 17 9	235	Joana	(20/05/2016) - Fechado - Medir novamente		Não									