



Rui Miguel Reis e Silva

**Análise e Melhoria de um Processo  
Produtivo de uma Empresa do Ramo  
Automóvel**

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia







**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Rui Miguel Reis e Silva

**Análise e Melhoria de um Processo Produtivo  
de uma Empresa do Ramo Automóvel**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Sérgio Sousa

Dezembro de 2021

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença [abaixo](#) indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**

**CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Um especial agradecimento ao professor Sérgio Sousa, orientador desta tese de mestrado, pelo suporte e disponibilidade demonstrada em todos os momentos, bem como, todos os contributos para a realização da mesma.

A todos os funcionários da Continental-Mabor, por toda a recetividade e ajuda ao longo de todo o estágio. Ao Rui Santos e Bruno Fernandes por todo o suporte e disponibilidade prestados. Ao Sr. Jorge Veloso por toda a motivação inculcada, todos os valores pessoais e profissionais passados e todo o conhecimento partilhado que me fizeram crescer.

Aos meus pais, por terem estado presentes nos vários momentos em que precisei, por me terem criado as condições e dado a força para nunca desistir.

Um agradecimento especial à minha namorada, Vera Sá, por estar sempre presente, por ter a paciência a que toda esta fase obrigou e ser a força principal na conquista deste objetivo, sem ela não seria possível.

Aqui ficam os meus agradecimentos mais sinceros.

Muito Obrigado!

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **RESUMO**

### **Análise e Melhoria de um Processo Produtivo de uma Empresa do Ramo Automóvel**

A presente dissertação refere-se a um projeto de análise e apresentação de propostas de melhoria num processo industrial com vista à redução de produto fora do especificado.

O projeto foi realizado no departamento de preparação a quente na empresa Continental Mabor no processo de Aplicação de Cunhas (APEX). No projeto seguiu-se uma abordagem DMAIC e recorreu-se a ferramentas da qualidade para a caracterização, análise e propostas de melhoria a serem implementadas.

O produto resultante do processo em estudo tem que cumprir com os valores provenientes de uma especificação e o não cumprimento destes valores resulta em desperdício, perda de output ou possíveis reclamações internas ou externas. Sendo possível identificar e eliminar as causas do produto fora do especificado evitar-se-á a geração de desperdício e potenciais não conformidades que seguirão no fluxo produtivo.

A empresa e o processo de Aplicação de Cunhas foram caracterizados em detalhe, apresenta-se um estudo com base num levantamento do estado atual do processo, esta informação é analisada, são propostas ações de melhoria e providenciada informação relevante para ações futuras.

A Continental Mabor tem uma cultura de qualidade instituída que reforça a utilização de metodologias e ferramentas da qualidade na abordagem a problemas. O processo em estudo comparativamente com outros processos da fábrica carecia de uma maior intensificação do uso destas ferramentas e de sistemas de obtenção de dados do processo o que dificultou numa fase inicial uma perceção do estado atual do processo e a priorização dos objetivos do projeto.

Com a realização deste projeto foi possível efetuar um levantamento de vários fatores com influência nas características do produto, propor ações de melhoria para reduzir o impacto desses fatores e permitir com que a empresa obtivesse informação mais atualizada sobre um processo, que poderá despoletar estudos e ações futuras.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Ferramentas da Qualidade, DMAIC, Processo, Produto, APEX





## **ABSTRACT**

### **Analysis and Improvement of a Production Process in an Automotive Industry Company**

This research was focused on the development of a project that aimed the analysis of an industrial process and presentation of improvement actions to reduce out-of-specification product.

The project was developed in the hot preparation department at Continental Mabor, in the process of wedge application (APEX). It was followed a DMAIC approach and quality tools were used for the process characterization and analysis.

The output of the process must comply with the specified values and if it's not according these values, it results in waste, output loss and possible internal and external complaints. The identification and elimination of the causes of non-conforming product will prevent the creation of waste and potential non-conformities.

The company and the process of wedge application were characterized in detail and it was presented an overview of the current status. This information was analyzed, improvement actions were proposed and it was provided more information for future actions and decisions.

Continental Mabor has an established quality culture that reinforces the use of quality methodologies and tools in problem solving. Unlike other processes, the data about this process was almost non-existent which made it difficult, at an early stage, to understand the current state of the process and to prioritize the project's objectives.

The completion of this project allowed the identification of several factors influencing the process performance and the presentation of improvement actions to reduce the impact of these factors. It also allowed to obtain updated data about the process, which will help in future actions, decisions and projects.

## **KEYWORDS**

Quality tools, DMAIC, Process, Product, APEX



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Problema e Objetivos de Investigação.....	1
1.3. Metodologia de Investigação.....	2
1.4. Estrutura de Dissertação.....	2
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1. Gestão da Qualidade.....	3
2.2. Six Sigma.....	4
2.3. Ciclo DMAIC e Ferramentas.....	5
2.3.1. Fluxograma de Processo.....	6
2.3.2. SIPOC.....	7
2.3.3. <i>Brainstorming</i> .....	7
2.3.4. Diagrama de Causa-Efeito.....	8
2.3.5. Gráficos de Pareto.....	9
2.3.6. Métodos de Taguchi (DOE).....	9
3. Contexto da Investigação.....	10
3.1. Empresa.....	10
3.2. Direção de Produção/Departamento Preparação-Quente.....	11
4. Desenvolvimento.....	13
4.1. <i>Define</i> .....	13
4.2. <i>Measure</i> .....	15
4.2.1. Características de Controlo da Cunha.....	16
4.2.2. Não Conformidades na Aplicação da Cunha no Núcleo.....	20

4.3. <i>Analyze</i> .....	24
4.4. <i>Improve</i> .....	31
4.4.1. Características de Controlo da Cunha - Feiras .....	31
4.4.2. Características de Controlo da Cunha - Peso .....	34
4.4.3. Não Conformidades Aplicação da Cunha no Núcleo - DOE.....	35
4.5. <i>Control</i> .....	39
5. Conclusões e Trabalho Futuro .....	40
Referências Bibliográficas .....	43
Anexo I – Imagens Processo .....	45
Anexo II – Especificação .....	46
Anexo III – Perfilometria.....	47
Anexo IV – Check-list DOE .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Símbolos gráficos de um fluxograma (Silva, 2017).....	6
Figura 2 - Estrutura de apresentação da ferramenta SIPOC .....	7
Figura 3 - Estrutura do diagrama de causa-efeito.....	8
Figura 4 - Exemplo constituição do pneu .....	12
Figura 5 - Cunhas de talão.....	13
Figura 6 - Talão .....	14
Figura 7 – SIPOC .....	14
Figura 8 – Diferença média de largura em relação ao valor nominal .....	16
Figura 9 - Diferença de peso em relação ao valor nominal .....	17
Figura 10 - Diferença de espessura em relação ao valor nominal.....	18
Figura 11 - Pontos de transição do material .....	18
Figura 12 - Diferença de largura entre pontos de equipamento .....	19
Figura 13 - Diagrama causa-efeito - Perfil cunha não conforme.....	20
Figura 14 - Quantidade de não conformidades por tipo.....	21
Figura 15 - Percentagem de ocorrências por máquina.....	22
Figura 16 - Percentagem de ocorrências por feira.....	22
Figura 17 - Esquema fluxo da cunha na máquina.....	24
Figura 18 - Relação de velocidade de extrusão e de linha por máquina .....	26
Figura 19 - Relação de RPM por máquina .....	27
Figura 20 - Histórico folgas das extrusoras das APEX .....	29
Figura 21 - Exemplo sistema de loops e numeração das fotocélulas .....	30
Figura 22 - Percentagem de utilização de feiras em produção.....	32
Figura 23 - Interface de programa para processo de abertura de feiras .....	33
Figura 24 - Largura da cunha antes e após aplicação .....	34
Figura 25 - Exemplo resultado DOE.....	37
Figura 26 - Cunhas de Talão 2.....	45
Figura 27 - Feira .....	45
Figura 28 – Exemplo da Especificação.....	46
Figura 29 - Exemplo Perfilometria .....	47



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ocorrências por composto de borracha.....	21
Tabela 2 – Diferença de alturas à saída da extrusora entre máquinas.....	25
Tabela 3 - Comparação velocidades medidas com velocidades indicadas no display das máquinas....	28
Tabela 4 - Comportamento dos loops por máquina .....	30
Tabela 5 - Comparação Peso simulado, real e especificado .....	35
Tabela 6 - Fatores e níveis DOE .....	36
Tabela 7 - Matriz de ensaios .....	36
Tabela 8 - Tabela de referência de parâmetros de enformação .....	38





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

**DATP** – Departamento de Apoio Técnico à Produção

**DMAIC** - *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) *and Control* (Controlar)

**DOE** – *Design of Experiments*

**FMEA** - *Failure Modes and Effects Analysis*

**PDCA** - *Plan* (Planear), *Do* (Fazer), *Check* (Verificar), *Act* (Atuar)

**SIPOC** - *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saidas), *Customers* (Clientes)

**RPM** – Rotações por minuto



## **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho de investigação centrou-se na análise de um processo industrial, pertencente a uma unidade fabril, com o objetivo de permitir conhecer em maior detalhe o tipo de variáveis e sua influência no *output* final do mesmo, bem como, encontrar oportunidades de melhoria que permitam aumentar a estabilidade deste processo no que respeita à robustez do seu output final.

Neste capítulo de introdução pretende-se explicar a relevância da gestão da qualidade nas empresas e apresentar uma breve descrição do problema e do contexto de investigação. Por fim, apresenta-se a metodologia utilizada ao longo desta investigação e a estrutura da presente dissertação.

### **1.1. Enquadramento**

A qualidade assume um papel prioritário nas organizações modernas e representa um pré-requisito para o sucesso num mercado global cada vez mais competitivo (Forker, Vickery, & Droge, 1996). A exigência dos mercados obriga as organizações à procura permanente da excelência operacional e da melhoria dos seus processos, a fim de reduzir os seus custos e fornecer produtos de maior qualidade em prazos mais reduzidos (Belekoukias, Garza-Reyes, & Kumar, 2014).

Uma abordagem metódica e organizada permite que os resultados sejam atingidos mais eficientemente. O ciclo de Deming, *plan-do-check-act* (PDCA), consiste numa ferramenta capaz de auxiliar nessa forma estruturada para a melhoria de processos com etapas bem definidas para descrição e planeamento das hipóteses (Plan), a execução do planeado (Do), a avaliação das ações (Check) e a consolidação e uniformização das ações tomadas (Act) (Meiling, Sandberg, & Johnsson, 2014).

### **1.2. Problema e Objetivos de Investigação**

Este trabalho de investigação desenvolveu-se na empresa Continental Mabor em Vila Nova de Famalicão, mais precisamente no departamento de preparação-quente e teve como principal foco o processo de Aplicação de Cunhas (APEX).

O processo a ser estudado tem como finalidade a construção de talões, que representam um dos componentes a serem aplicados no processo de construção de pneus. Neste departamento estão incluídos os processos de extrusão (pisos e paredes) e o processo de Aplicação de Cunhas.

O trabalho de investigação centrou-se na análise do processo de aplicação de cunhas (APEX), de forma a definir e apresentar propostas de melhoria, sendo os seus principais objetivos os seguintes:

- Análise do estado atual do processo;
- Identificação das potenciais causas para a variação das características de controlo do produto;
- Propostas de melhoria para a redução de material não conforme na etapa de aplicação da cunha no núcleo.

### **1.3. Metodologia de Investigação**

A metodologia adotada para ir de encontro aos objetivos deste projeto será a de pesquisa-ação.

Segundo Saunders et al. (2007), este tipo de metodologia depende das questões e dos objetivos da investigação, tempo, recursos disponíveis e conhecimento existente. O envolvimento dos colaboradores, ambiente colaborativo e investigação ativa são premissas que caracterizam este tipo de investigação para atingir os objetivos propostos.

### **1.4. Estrutura de Dissertação**

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro serve como introdução à investigação desenvolvida e apresenta os objetivos definidos para o projeto e a metodologia de investigação utilizada.

O segundo capítulo contém um resumo do que tem sido desenvolvido na literatura acerca dos principais temas abordados nesta investigação tais como DMAIC, SIPOC, Diagrama de Causa-Efeito, Gráfico de Pareto, Fluxograma, Análise ABC, DOE.

No terceiro capítulo apresenta-se o ambiente da investigação incluindo uma resumida apresentação da empresa e do departamento onde foi desenvolvida e uma abordagem ao processo estudado e recursos que este utiliza.

O capítulo seguinte (capítulo 4) apresenta o desenvolvimento da investigação e principais resultados obtidos no decorrer do levantamento, análise e propostas de melhoria do processo em estudo para a redução de cunhas fora dos valores especificados e talões não conformes.

Por fim, no último capítulo, são apresentadas as principais conclusões e contribuições desta investigação bem como as limitações encontradas durante o projeto e as propostas para trabalho futuro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados conceitos importantes e trabalho desenvolvido e publicado sobre as técnicas e ferramentas que poderão ser usadas para a melhoria da qualidade de um processo. Assim sendo aborda-se as principais definições de qualidade encontradas na literatura bem como o trabalho desenvolvido relativamente à abordagem *Six Sigma* e às diversas ferramentas da qualidade usadas em projetos *Six Sigma*.

### 2.1. Gestão da Qualidade

Juran e Godfrey (1998) referem que a qualidade pode ser entendida de duas diferentes formas:

- Um conjunto de especificações do produto que estão de acordo com as exigências do cliente e que conduzem à sua satisfação;
- Um produto sem erros que requeiram retrabalho ou que resultem em falhas e insatisfação e/ou reclamações do cliente.

As duas definições apresentadas por Juran e Godfrey (1998) estão orientadas para diferentes objetivos. A primeira centra-se no cliente e no cumprimento dos requisitos impostos por este, o que normalmente conduz a um aumento dos custos de qualidade. Por outro lado, a segunda definição está orientada para os custos e normalmente conduz a uma redução dos custos de qualidade. Assim sendo, o aumento da qualidade tanto pode levar a um aumento dos custos (segundo a primeira definição), como pode conduzir a uma redução dos custos (de acordo com a segunda definição).

Se considerarmos a Qualidade como um objetivo ou uma meta, então a Gestão da Qualidade acaba por ser a abordagem ou o processo que se segue para chegar lá (Knowles, 2011). Assim sendo, as práticas da gestão da qualidade funcionam como um sistema integrado usado para atingir vantagem competitiva (Yeung et al., 2005).

O trabalho de investigação de Zu et al. (2008) permitiu chegar à conclusão de que existem diversas evidências que provam que as práticas de *six sigma* e as tradicionais práticas da gestão da qualidade se complementam umas às outras na melhoria da *performance* dos processos.

## 2.2. Six Sigma

*Six Sigma* pode ser definida como sendo uma abordagem ou filosofia disciplinada, orientada para o projeto, com base estatística, para a redução da variabilidade, eliminando desperdícios nos produtos, processos e operações (Linderman et al., 2003; Montgomery & Woodall, 2008). Já Noone et al. (2010) afirmam que *Six Sigma* se baseia em dados de gestão da qualidade para melhorar os processos reduzindo o tempo de ciclo, eliminando falhas, diminuindo os custos e aumentando a produtividade. Tudo isto para alcançar a satisfação do cliente.

*Sigma* é a letra do alfabeto grego usada para representar a variabilidade (desvio-padrão) que corresponde à dispersão em torno da média do processo. Assim sendo, a performance de uma empresa pode ser medida através do nível sigma dos seus processos de negócio. O nome *Six Sigma* sugere então o objetivo de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Pyzdek (2003) afirma que normalmente as empresas aceitam níveis de três ou quatro sigma como norma apesar do facto destes processos criarem entre 6.200 e 67.000 defeitos ou problemas por milhão de oportunidades. No entanto, a exigência dos mercados tem obrigado, cada vez mais, as organizações à procura permanente da excelência operacional e da melhoria dos seus processos, a fim de reduzir custos e fornecer produtos de maior qualidade em prazos mais reduzidos (Belekoukias et al., 2014). Considerando esta crescente exigência dos mercados, é lógico que cada vez mais as empresas procurem níveis sigma mais elevados. Por isso, o standard da *Six Sigma* de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades é muitas vezes a resposta às exigentes expectativas dos clientes e ao aumento da complexidade dos produtos e processos que se tem verificado ao longo dos tempos.

A abordagem *Six Sigma* poderá parecer bastante semelhante a outras abordagens da gestão da qualidade já usadas anteriormente, no entanto há já bastantes testemunhos de diversas empresas de diferentes setores de negócio que afirmam que conseguiram implementações bem-sucedidas que transformaram a sua organização e trouxeram melhorias na sua performance geral (Kwak & Anbari, 2006; Schroeder et al., 2008). A abordagem *Six Sigma* foi desenvolvida pela *Motorola* no início da década de 80 após uma empresa japonesa ter tomado o controlo de uma das suas fábricas e após drásticas alterações ter conseguido reduzir os defeitos e os custos dos produtos. Tendo em conta que esta redução foi conseguida mantendo os mesmos colaboradores, tecnologia e desenhos já usados anteriormente, a *Motorola* foi obrigada a admitir que o problema estava relacionado com a sua gestão (Pyzdek, 2003). Após este acontecimento, Bob Galvin, CEO da *Motorola* naquele momento, levou a empresa a seguir uma abordagem que passou a ser conhecida como *Six Sigma*, e tornou-se no primeiro grande caso de sucesso. Depois do caso de sucesso da *Motorola* se ter tornado público, foram já várias as empresas,

tais como a *GE, Honeywell, Sony, Caterpillar e Johnson Controls*, que adotaram a filosofia *Six Sigma* e obtiveram benefícios significativos (Pande et al., 2002; Snee & Hoerl, 2003).

Segundo Kwak e Anbari (2006), os fatores que influenciam os projetos bem-sucedidos de *Six Sigma* incluem o envolvimento da gestão e o compromisso organizacional, a capacidade de aplicação de gestão e controlo de projetos, a mudança cultural e a aprendizagem contínua. Os autores acrescentam ainda que a compreensão das características-chave e dos obstáculos e deficiências da abordagem *Six Sigma* permite uma implementação mais bem-sucedida dos projetos. Contudo, a introdução de processos *Six Sigma* estruturados nas organizações ainda tem bastante espaço para melhorias pois, as mudanças culturais requerem bastante tempo e compromisso até que estejam totalmente enraizadas na organização. Considerando isto, conclui-se então que os princípios e práticas *Six Sigma* acabam por obter mais sucesso quando existe a preocupação de melhorar continuamente a cultura organizacional.

A metodologia DMAIC, da abordagem *Six Sigma*, é utilizada para processos já existentes (Prashar, 2014) e está dividida em cinco etapas bem definidas: *define, measure, analyze, improve e control*. Em cada uma destas etapas há ferramentas que devem ser utilizadas e objetivos específicos a atingir.

### **2.3. Ciclo DMAIC e Ferramentas**

O modelo DMAIC foi criado com base no ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) e inclui as cinco etapas do *Six Sigma*. Uma abordagem metódica e organizada permite que os resultados sejam atingidos mais eficientemente. O ciclo de Deming, *plan-do-check-act* (PDCA), consiste numa ferramenta capaz de auxiliar nessa forma estruturada para a melhoria de processos com etapas bem definidas para descrição e planeamento das hipóteses (*Plan*), a execução do planeado (*Do*), a avaliação das ações (*Check*) e a consolidação e uniformização das ações tomadas (*Act*) (Meiling et al., 2014).

É uma metodologia de resolução de problemas muito utilizada que guia logicamente a equipa de trabalho para a definição do problema e para a implementação de soluções estabelecendo as melhores práticas de forma que as soluções se mantenham em vigor (George et al., 2005).

A metodologia DMAIC ajuda a encontrar soluções permanentes para problemas recorrentes e que pode ser usada com sucesso nas mais diversas situações e negócios. No entanto, esta necessita de compromisso e tempo por parte da equipa de projeto e antes de se tomar a decisão de aplicar esta metodologia é importante pesar as vantagens e desvantagens da sua utilização (George et al., 2005). Tendo isto em consideração, o sucesso da implementação do DMAIC está diretamente relacionado com a lógica que liga cada uma das fases e com a sua metodologia estruturada. Para a maioria dos projetos

é arriscado saltar passos da metodologia pois pode afetar o sucesso da implementação. No entanto, se a solução for demasiado óbvia e se os riscos mínimos, pode-se optar por efetuar ações no imediato.

As etapas DMAIC podem-se definir resumidamente da seguinte forma (Eckes, 2001):

**Definir:** fase em que se define claramente o objetivo do projeto bem como os requisitos técnicos e formas de medir o impacto das ações implementadas durante o projeto.

**Medir:** fase em que se identificam as principais medidas de eficiência e eficácia. Nesta fase pretende-se medir o desempenho do processo de forma a definir claramente o estado atual do processo em estudo. É também nesta fase que se elabora o plano de recolha de dados para assegurar que a amostragem usada seja representativa.

**Analisar:** fase em que analisa as etapas do processo em estudo e se identifica o problema real e respetiva causa raiz.

**Implementar:** fase em que se desenvolvem e põem em práticas os planos de ação que auxiliam a implementação das melhorias e soluções identificadas.

**Controlar:** fase em que se monitoriza os resultados das ações de melhoria e soluções implementadas na fase anterior. Nesta fase são usados indicadores para observar o desempenho e assegurar que as melhorias implementadas foram eficazes.

Em cada uma das fases é utilizado um conjunto de ferramentas da qualidade que têm como objetivo analisar o estado atual do processo, ajudar a criar soluções e propostas de melhoria e manter o sistema sob controlo (George et al., 2005).

### 2.3.1. Fluxograma de Processo

O fluxograma pode ser usado tanto numa fase de definição ou identificação do problema como numa fase de desenvolvimento de soluções (Soković et al., 2009). Esta ferramenta é uma forma de representar processos, que usa símbolos gráficos (*Figura 1*) para descrever os vários passos do processo (Lins, 1993).






Início/Fim	Processo	Subprocesso	Decisão	Dados
				

Figura 1 - Símbolos gráficos de um fluxograma (Silva, 2017)



### 2.3.2. SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta que ajuda a identificar os componentes importantes de um processo e por isso mesmo, mostra um *overview* que inclui a informação mais crítica para o processo (George et al., 2005).

Esta ferramenta designa-se por SIPOC por corresponder ao acrónimo das seguintes palavras:

- Suppliers (fornecedores)
- Inputs (entradas)
- Process (processo)
- Outputs (saídas)
- Customers (clientes)

Assim sendo, esta ferramenta ajuda a identificar claramente os intervenientes no processo em análise, quais são as entradas e que saídas geram, quais as especificações de cada etapa e como é o fluxo dentro do processo. Normalmente é representado conforme o exemplo da Figura 2.

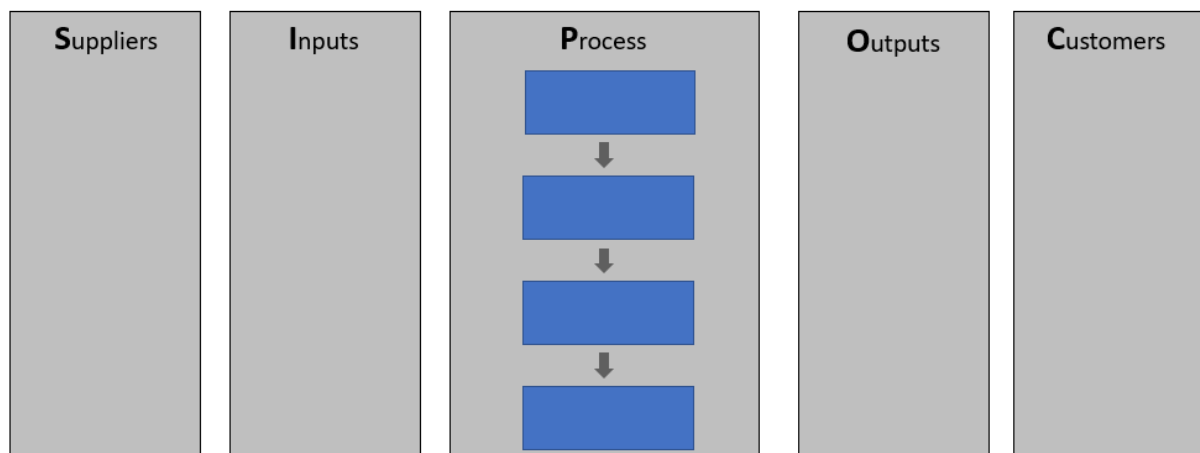


Figura 2 - Estrutura de apresentação da ferramenta SIPOC

O SIPOC é também uma ferramenta que ajuda a equipa de trabalho a definir claramente quais são os limites e o objetivo do seu projeto (George et al., 2005).

### 2.3.3. Brainstorming

Brainstorming pode ser definido como uma técnica de recolha de informação e tem como objetivo a exploração de uma grande variedade de novas ideias acerca de um determinado assunto. O brainstorming permite a produção de diversas ideias ou soluções num curto espaço de tempo, estimula

o pensamento criativo e ajuda a que os membros da equipa sintam que todas as ideias são consideradas (George et al., 2005).

Esta ferramenta pode levar à descoberta de soluções inovadoras, no entanto, há alguns cuidados a ter na sua aplicação de forma que esta seja bem-sucedida. Posto isto, quando se usa esta ferramenta deve-se ter o cuidado de:

- Evitar criticar ideias;
- Julgar as ideias que estão a ser lançadas pelos vários membros;
- Não deixar que a sessão seja dominada por apenas uma pessoa.

Nas rondas iniciais da sua utilização é importante garantir quantidade e não necessariamente qualidade (George et al., 2005).

#### 2.3.4. Diagrama de Causa-Efeito

Um diagrama de causa-efeito pode ser definido como sendo uma ferramenta esquemática que tem a forma de espinha de peixe e que lista as causas e sub-causas de um determinado problema ou consequência (Figura 3). Esta ferramenta é também conhecida como diagrama de Ishikawa ou diagrama de espinha de peixe (Hagemeyer et al., 2006).

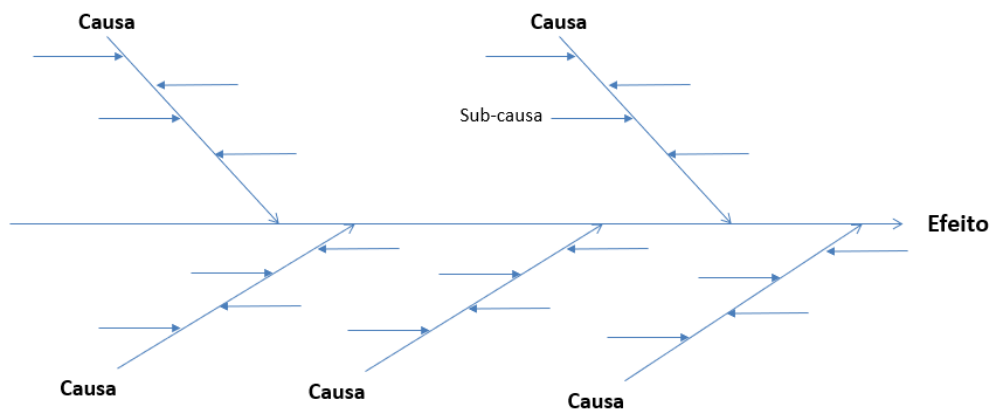


Figura 3 - Estrutura do diagrama de causa-efeito

Em processos mais complexos a percepção das causas que estão a provocar um determinado efeito podem ser de difícil obtenção, o diagrama de Ishikawa permite através da identificação e organização da informação obter graficamente e de forma estruturada as causas que influenciam o efeito identificado. A primeira etapa do uso desta ferramenta passa por definir o efeito a estudar, posteriormente definir um

número considerável de categorias das possíveis causas e detalhar as mesmas em todos os elementos que possam ser causadores do efeito (Park et al., 2011).

Os diagramas de causa-efeito são adequados tanto para a identificação do problema como para a posterior análise do processo (Soković et al., 2009).

#### 2.3.5. Gráficos de Pareto

O princípio de Pareto foi criado por Vilfredo Pareto e afirma que 80% das consequências são originadas por 20% das causas. Os gráficos de Pareto são um tipo de gráfico de barras no qual o eixo x representa categorias em vez de uma escala contínua. O gráfico de Pareto ajuda a determinar que categorias podem ter mais impacto através do ordenamento das barras da maior para menor (George et al., 2005). Esta ferramenta é habitualmente utilizada na fase de medição e tal como foi referido anteriormente, ordena a frequência das causas que provocam certos problemas.

O gráfico de Pareto pode ser usado em três fases distintas dum projeto de melhoria de processos: na identificação do problema, na análise do processo e na avaliação de resultados (Soković et al., 2009).

#### 2.3.6. Métodos de Taguchi (DOE)

Quando vários fatores estão associados a um processo em que estes podem influenciar a sua normalidade surge a necessidade de identificar e definir quais e que valores estes devem ter para garantir uma maior conformidade do resultado do processo. O método de Taguchi surge como uma ferramenta adequada dada a sua capacidade de analisar vários fatores em simultâneo e permitir definir qual a melhor solução a adotar (Gómez & Castro, 2014). Esta ferramenta é também conhecida como DOE (Design of Experiments) pois baseia-se na sistemática utilização de experiências que permitem a avaliação do efeito de um ou mais fatores no resultado de um processo (Hagemeyer et al., 2006).

### **3. CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO**

O presente capítulo descreve o contexto e o ambiente onde se desenvolveu o projeto de investigação.

O capítulo inicia-se com a apresentação da empresa e segue-se depois uma descrição mais detalhada do processo que foi estudado.

#### **3.1. Empresa**

A investigação desenvolveu-se na empresa Continental Mabor, que pertence ao grupo alemão Continental AG que foi fundado em outubro de 1871 em Hannover (Alemanha). Inicialmente a Continental AG dedicava-se à fabricação de artefactos de borracha e pneus maciços para carruagens e bicicletas.

Em 1898, iniciou a produção de pneus lisos para automóveis. Desde esse momento acompanha a evolução e necessidades da indústria automóvel com o desenvolvimento e fornecimento de pneus.

Em 2007 adquire a Siemens VDO Automotive AG tornando-se um dos cinco maiores fornecedores mundiais para a indústria automóvel.

Atualmente o grupo Continental está dividido em 5 Divisões: Chassis e Segurança, “Powertrain”, Interior, Pneus e Contitech, com unidades em 56 países e cerca 220 mil colaboradores.

A Continental Mabor foi fundada em dezembro de 1989 ligada à indústria de pneus, o seu nome é proveniente da união da Mabor (Manufactura Nacional de Borracha, S.A.) e a Continental AG.

A Mabor, em 1946, iniciou a sua laboração com assistência técnica prestada pela General Tire.

Em julho de 1990 é efetuada uma reestruturação que transforma as antigas instalações da Mabor numa unidade de referência do grupo Continental após aquisição por parte deste grupo.

Atualmente a Continental Mabor tem um leque alargado de produtos no seu portfólio de pneus entre os quais que são destinados aos mais diversos veículos ligeiros, SUV's, pneus de alta performance e pneus ConstiSeal.

A sua gama de fabrico vai desde pneus jante 14” até 22” com uma produção média de 53000 pneus/dia, onde cerca de 60% são para mercado de substituição e os restantes distribuídos para equipamento de origem de vários construtores da indústria automóvel.

### **3.2. Direção de Produção/Departamento Preparação-Quente**

A unidade fabril é constituída por várias direções com diferentes responsabilidades ao longo da cadeia produtiva do pneu. A Direção de Produção tem como responsabilidade assegurar as tarefas inerentes à produção e é dividida em seis departamentos produtivos e dois técnicos:

- Misturação: onde são produzidos os compostos de borracha para posterior utilização nos processos de preparação.
- Preparação a Quente: onde são produzidos os pisos, paredes e talões.
- Preparação a Frio: onde são produzidos os materiais calandrados e onde são cortados os materiais têxteis e metálicos.
- Construção: onde são construídos os pneus em verde.
- Vulcanização: onde são vulcanizados os pneus em verde.
- Inspeção Final: onde são realizadas as verificações de qualidade do pneu final e enviados para o armazém.
- DATP (Departamento de Apoio Técnico à Produção): responsável pela gestão técnica dos processos produtivos, suporte na industrialização de novos artigos e suporte à produção em série.
- Planeamento de Produção: responsável pelo sequenciamento e gestão das atividades produtivas.

O projeto decorre no departamento de Preparação a Quente sob alçada no DATP no processo de APEX, o qual tem a finalidade de construir talões para posteriormente serem colocados no pneu durante o seu processo de construção.

A área onde está incluído o processo de APEX é constituída por 12 máquinas de aplicação de cunhas, cada uma operada por um colaborador, produzindo 24 horas por dia de forma contínua durante a semana e fim-de-semana. As equipas de produção trabalham num sistema de turnos rotativos, existindo três equipas que rodam semanalmente entre os horários do primeiro, segundo e terceiro turno (8h-16h, 16h-24h, 0h-8h) e duas equipas que trabalham no horário do fim-de-semana com um horário também rotativo (8h-19h, 19h-06h, 06h-14h, 14h-24h, 0h-8h).

As máquinas são automatizadas em grande parte da sua operação, tendo o operador que garantir a alimentação do composto, o enfiamento da cunha na linha, a colocação dos núcleos e separadores no tambor de expansão e posterior remoção do conjunto final (Talão). Os movimentos do equipamento são controlados através de valores provenientes de uma receita que está associada a cada artigo produzido.

Neste processo é possível produzir diferentes tamanhos de jante, diferentes configurações de núcleos de talão com diferentes tipos de cunhas aplicadas, resultando em diversos tipos de talões.

O talão é um dos componentes constituintes do pneu, utilizando cada pneu dois talões, este componente é colocado na zona do pneu onde posteriormente encostará a jante. Trata-se do conjunto formado pelos componentes 8 e 9 da Figura 4.



Figura 4 - Exemplo constituição do pneu

Este processo inicia-se com a extrusão de um perfil de borracha, chamado de cunha pela sua semelhança ao formato físico de uma cunha, gerado por uma fiação, que posteriormente é conduzido por um sistema de passadeiras e acumuladores até à zona do tambor de aplicação onde são inseridos os núcleos de talão e aplicada a cunha no núcleo através de um processo de enformação dos diafragmas do tambor, finalizado o fluxo de construção os talões são armazenados e estão disponíveis para o processo seguinte – construção de pneus.

## 4. DESENVOLVIMENTO

Ao longo deste capítulo será apresentado o desenvolvimento do projeto de investigação, iniciando-se com a definição do projeto e do problema. É também apresentada a análise feita durante a investigação, bem como as sugestões de melhoria e resultados alcançados.

### 4.1. *Define*

O processo de APEX consiste na aplicação de um perfil de borracha (Cunha) (Figura 5) num núcleo (conjunto de arames impregnados em borracha enrolados em camadas). Este processo inicia-se com a alimentação de borracha numa extrusora para posteriormente através de uma feira (Figura 27 do Anexo I – Imagens Processo) ser gerado o perfil com uma geometria especificada.



Figura 5 - Cunhas de talão

Este perfil extrudido de forma contínua e transportado por um conjunto de passadeiras, segue por um tambor de arrefecimento e um sistema de acumuladores, passando por uma zona de corte (*Slitter*) que corta o perfil em duas cunhas, o seu percurso segue até um tabuleiro de alimentação, posteriormente este é cortado ao comprimento e aplicado num tambor de expansão. O processo finaliza com a colocação dos núcleos no tambor de expansão seguindo da expansão dos diafragmas do tambor movimentando e fixando a cunha ao núcleo, resultando num talão (Figura 6).



Figura 6 - Talão

O processo pode ser sintetizado conforme a Figura 7.

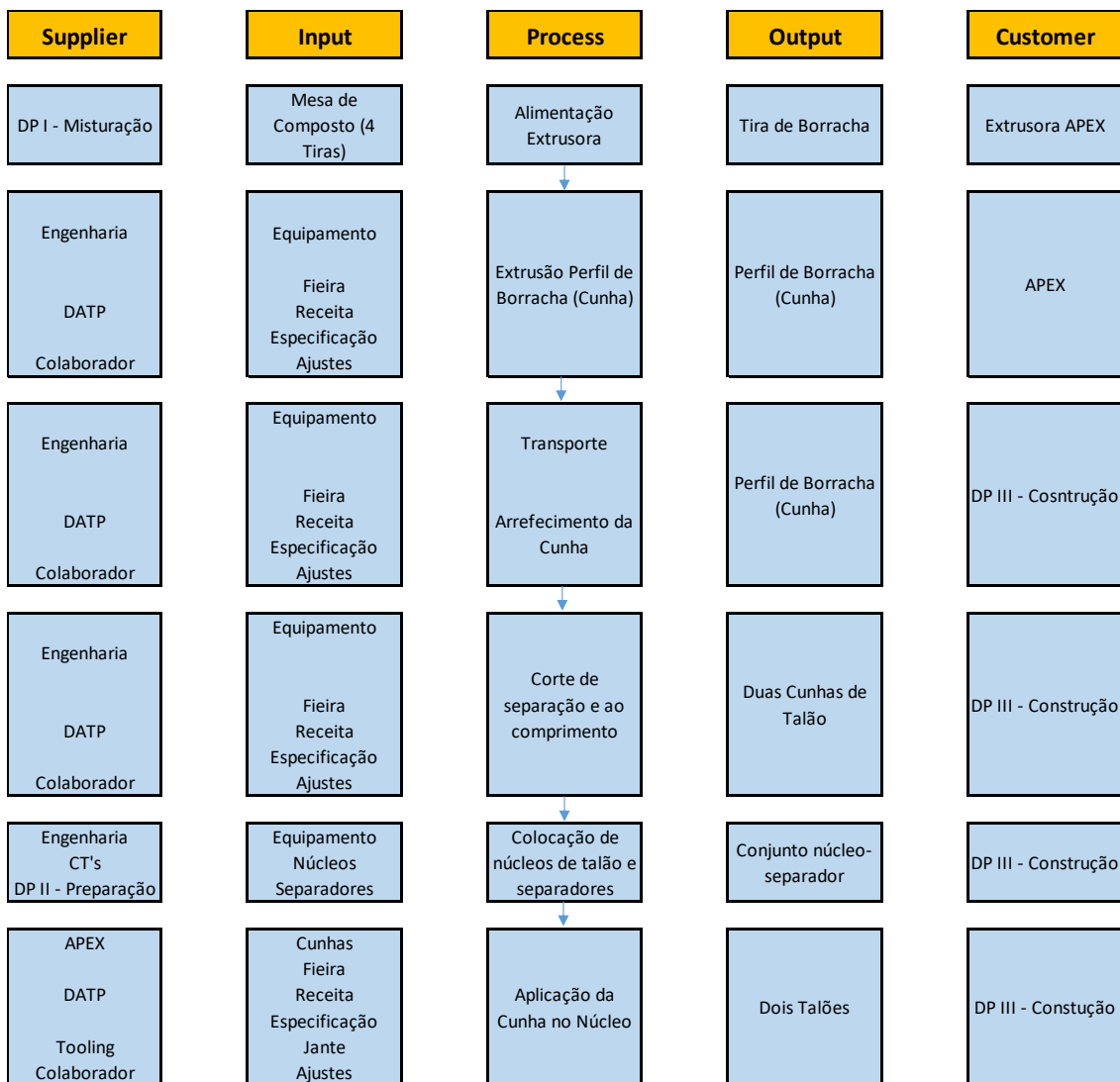


Figura 7 – SIPOC



O produto final, talão, deve cumprir uma especificação (Anexo II – Especificação) e uma receita associada ao produto que contém os parâmetros de trabalho a serem utilizados.

A especificação inclui qual o núcleo, composto de borracha da cunha, fieira, largura inicial e final da cunha, espessura, peso, velocidade de extrusão e de linha.

A receita envia para a máquina os parâmetros de trabalho do equipamento tais como temperaturas e velocidades de extrusão, velocidades dos transportadores, alturas do tabuleiro, pressões e tempos de enformação.

O colaborador da máquina tem um plano de controlo a ser seguido em que efetua e regista *numa checklist* os parâmetros de controlo. No caso das verificações da cunha estas são realizadas no início do turno e *setup* de artigo.

A aquisição de conhecimento acerca do processo em estudo foi realizada através de observação detalhada das várias etapas do processo no chão de fábrica, consulta de documentos associados ao processo (Fluxograma, FMEA, Plano de Controlo, Instruções de Trabalho, Especificação) e formação por parte do DATP-Extrusão entidade esta responsável pela gestão técnica do processo.

Os objetivos específicos deste projeto são os seguintes:

- Levantamento do estado atual do processo relativamente às características de controlo da cunha (Largura, Espessura e Peso);
- Identificação das causas que potenciam cunhas fora dos valores especificados;
- Propostas de melhoria para redução da variação das características de controlo das cunhas;
- Identificação e propostas de melhoria para as causas que geram não conformidades na aplicação da cunha no núcleo.

#### **4.2. Measure**

Neste sub-capítulo são apresentadas as medições feitas no projeto de forma a definir o estado atual do processo. Para apresentar o trabalho feito serão abordados dois assuntos diferentes: as características de controlo das cunhas e as não conformidades relacionadas com a aplicação da cunha no núcleo.

#### 4.2.1. Características de Controlo da Cunha

O facto de apenas existirem os dados da *check-list* do operador, que é efetuada no *setup* de medida ou na troca do turno, gerou a necessidade de fazer uma recolha de dados no decorrer da produção para perceber a estabilidade das características de controlo da cunha, recolhendo amostras imediatamente antes do processo de aplicação no tambor fazendo o controlo da largura, espessura e peso.

As amostras de cunhas foram recolhidas das várias máquinas, pelos vários turnos e selecionadas de forma aleatória relativamente à produção que estava a ocorrer durante duas semanas.

O eixo xx do gráfico apresentado na

Figura 8 representa o tipo de artigos analisados e o eixo yy mostra a média da diferença de largura para cada tipo de artigo, numa amostra de oito medições por artigo. Os valores do eixo yy são relativamente ao objetivo, que neste caso é zero, uma vez que se pretende que o valor real seja igual ao nominal para cada artigo medido. As tolerâncias são diferentes em função do patamar de largura da cunha e estão representadas no seu limite superior e inferior pelas linhas vermelhas no gráfico. Das medições efetuadas 21% encontravam-se fora dos limites de tolerância inferior e é também possível verificar que tendencialmente os valores encontram-se abaixo do objetivo.

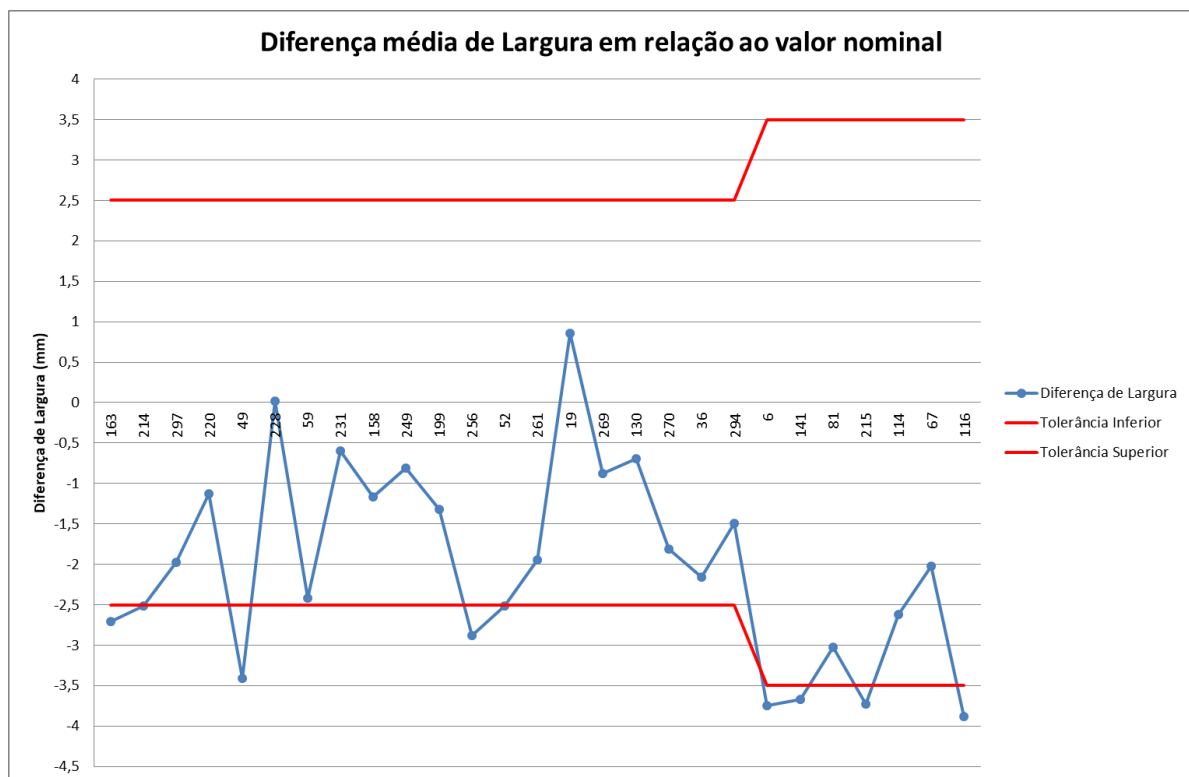


Figura 8 – Diferença média de largura em relação ao valor nominal

As medições do peso são efetuadas através da recolha da cunha no momento imediatamente antes da aplicação no tambor e pesadas na balança utilizada pelo operador para controlo no *setup*. Seguindo os mesmos pressupostos da análise anterior, na Figura 9 apresenta-se a média da diferença do peso das medições de cunha (real em relação ao nominal) para cada tipo de artigo medido e os seus limites superiores e inferiores de tolerância. A amostra é de oito medições por artigo.

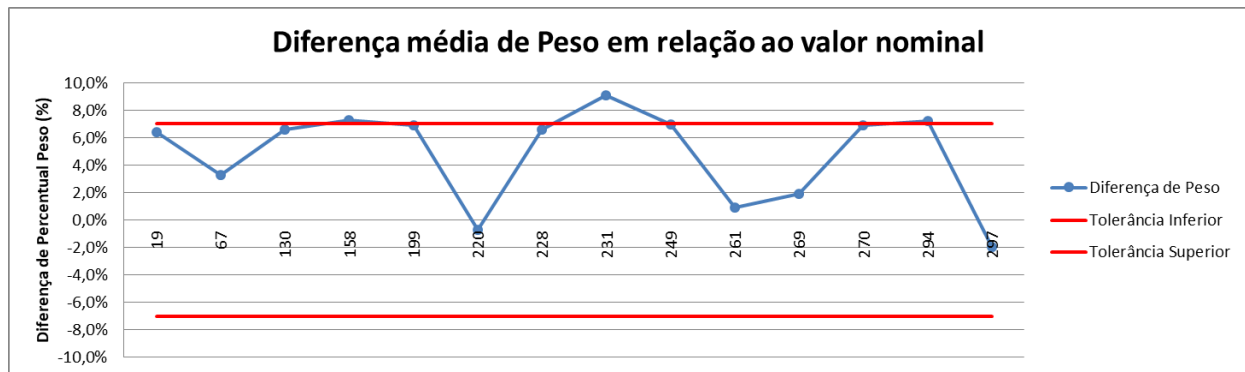


Figura 9 - Diferença de peso em relação ao valor nominal

O estudo efetuado apresentou cerca de 27% das medições realizadas fora dos valores de tolerância do peso, oscilando as diferenças entre artigos, apenas um artigo registou uma média das medições abaixo do limite inferior, as restantes diferenças que se encontram fora dos limites estão no patamar superior.

Na Figura 10 apresenta-se a diferença média de espessura de cada tipo artigo medido e os seus limites superiores e inferiores de tolerância, os limites de tolerância são iguais para as diferentes gamas de espessura. Relativamente à espessura, da amostra recolhida 32% encontravam-se fora do limite especificado encontrando-se a diferença média de cada tipo de artigo sempre em valores superiores ao objetivo ou fora do limite superior de tolerância. A amostra é de oito medições por artigo.

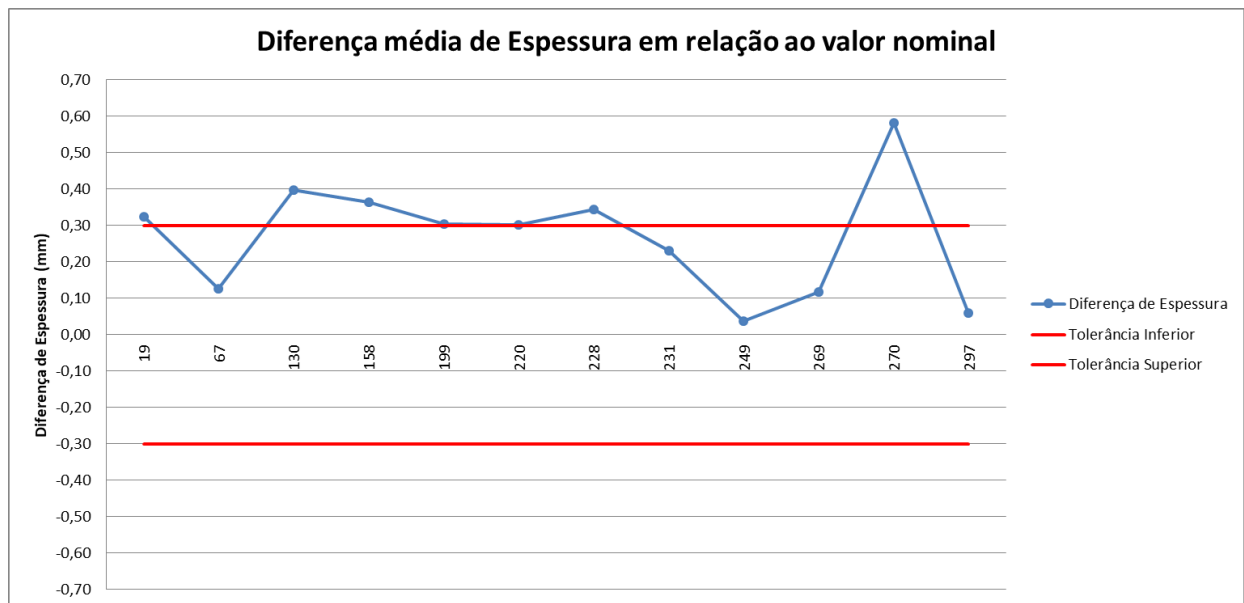


Figura 10 - Diferença de espessura em relação ao valor nominal

A largura é a única característica de controlo da cunha possível de ser medida sem danificar o material ao longo de todo o processo na máquina desde a extrusão até ao tabuleiro de aplicação. Isto deve-se ao facto de não ser necessário proceder ao corte em comprimento da cunha para controlo de largura, ao contrário do que sucede para a verificação do peso e espessura.

Para obter mais informação sobre o comportamento da largura no decorrer do processo foram definidos pontos de transição do material na máquina (Figura 11) e medida a largura do material em cada um desses pontos, foram realizadas 167 medições distribuídas pelos diferentes artigos, máquinas e turnos.

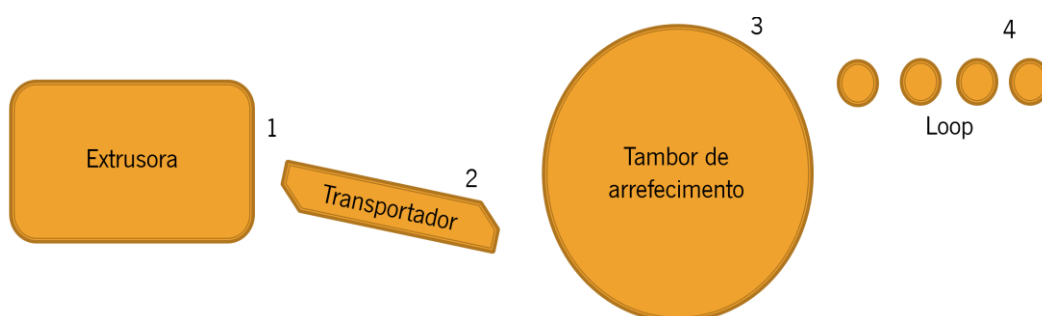


Figura 11 - Pontos de transição do material

O gráfico da Figura 12 apresenta no eixo xx diferentes tipos de larguras especificadas de cunhas, enquanto, o eixo yy mostra a média da diferença de largura entre os pontos de medição na máquina para cada tipo de largura.

Os dados resultantes (Figura 12) mostram que existem perdas de largura do ponto 1 para o ponto 2 e uma recuperação dessa largura do ponto 2 para o ponto 3 mas não suficiente para retomar à largura inicial o que pode indicar que existe um esticamento do material no ponto 2 que é a passadeira após a extrusora. Os dados indicam também que há uma tendência de a perda de largura ser superior quanto mais larga a cunha, como pode ser visto para o tipo de largura de 20 mm em que a perda média de largura entre o ponto 2 e o ponto 1 é menor que 1 mm, enquanto, para o tipo de largura de 138 mm é de perto de 8 mm.

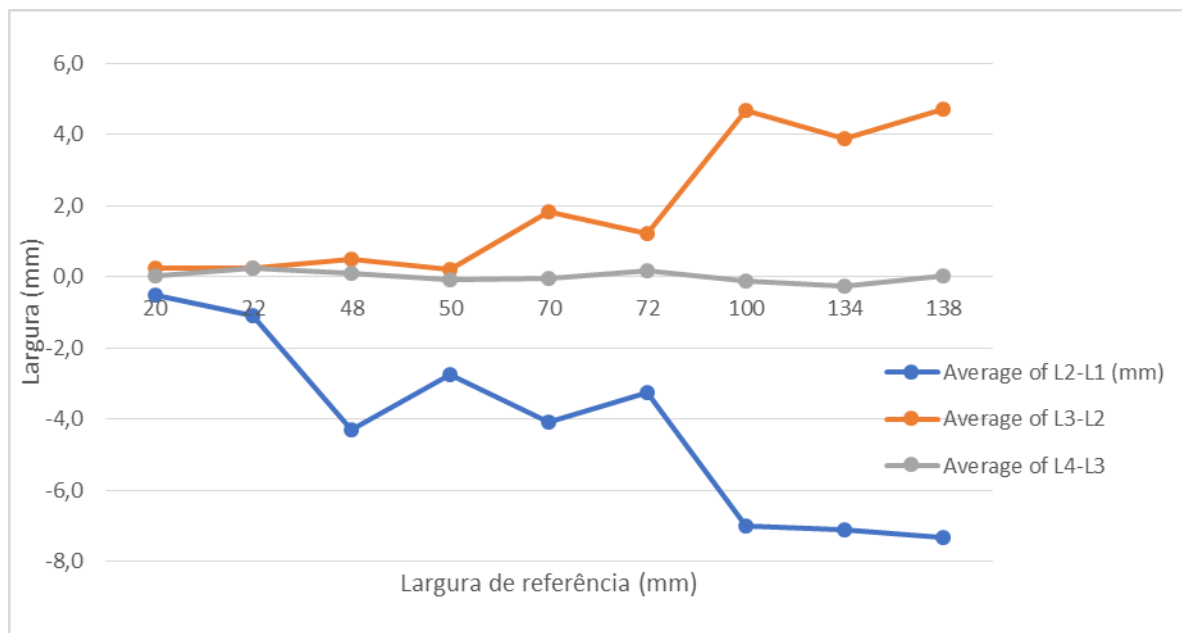


Figura 12 - Diferença de largura entre pontos de equipamento

Com estes dados procedeu-se a um *brainstorming* com elementos da produção, engenharia e técnicos de processo para discussão das potenciais causas que provocam os perfis de cunha fora do especificado. Recorreu-se a um diagrama de causa-efeito para orientação das famílias de causas e os *inputs* foram inseridos no diagrama (ver Figura 13).

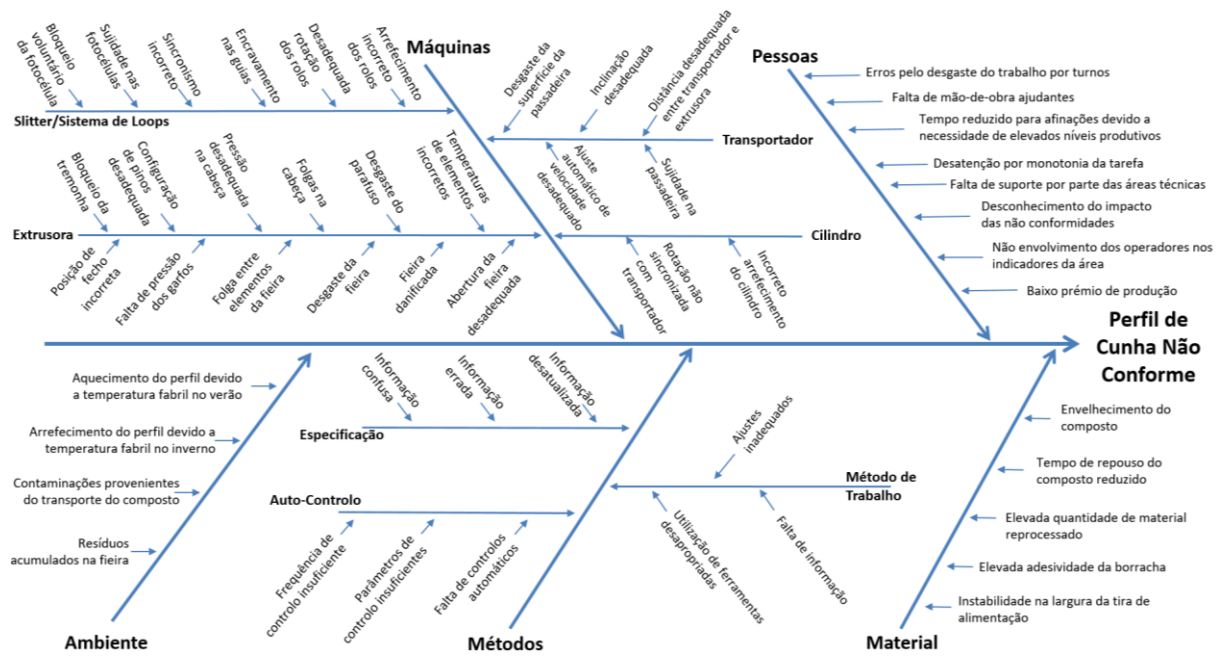


Figura 13 - Diagrama causa-efeito - Perfil cunha não conforme

Foram priorizadas análises mais detalhadas às potenciais causas relacionadas com a extrusora e transportador devido aos dados também evidenciados de maior perda de largura entre esses dois elementos. Os tópicos relacionados com a especificação também serão alvo de um maior foco.

#### 4.2.2. Não Conformidades na Aplicação da Cunha no Núcleo

As não conformidades provenientes da etapa de aplicação da cunha no núcleo podem gerar efeitos indesejáveis nos processos seguintes e consequentemente geração de desperdício e custos.

Os principais problemas e dificuldades reportadas pelos colaboradores e técnicos são referentes à aplicação deficiente da cunha no núcleo (acavalamento da cunha, canais de ar entre a cunha e o núcleo) e emenda aberta ou emenda forte).

Inicialmente foram recolhidos dados em relação ao tipo e quantidade de não conformes aqui gerados de forma a caracterizar o tipo de não conformidades e a sua incidência.

Foram separados todos os talões não conformes numa produção de 6800 talões e caracterizados relativamente ao tipo de não conformidade. A percentagem de não conformidades nesta produção foi de 2.7%.

No gráfico de Pareto (Figura 14) verifica-se que a Emenda aberta, Aplicação defeituosa (Não aplicação) e Abertura da emenda representam aproximadamente 62% das não conformidades da amostra. Este tipo

de não conformidades relacionam-se com o momento da expansão dos diafragmas para colocação da cunha no núcleo.

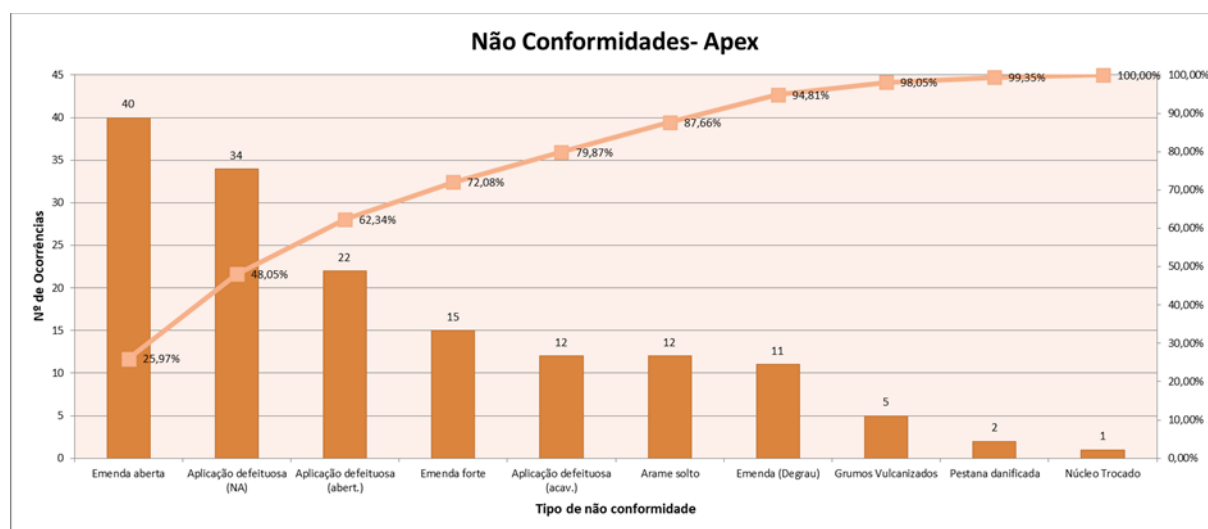


Figura 14 - Quantidade de não conformidades por tipo

As outras variáveis que se consideraram importantes para uma caracterização mais detalhada foram:

- as suas ocorrências relativamente ao composto utilizado;
- máquina na qual o talão foi construído;
- tipo de perfil de fiação utilizado.

Relativamente ao composto a percentagem de não conformidades é semelhante não sendo considerado com diferenças com impacto nas não conformidades (Tabela 1).

Tabela 1 - Ocorrências por composto de borracha

Composto	Nº Oc.	% NC	Produção
A	63	2,11%	2981
B	91	2,38%	3830

Relativamente às máquinas, conforme se pode observar na Figura 15, com exceção da máquina 8, todas apresentaram não conformidades. As máquinas 6 e 7 destacam-se com a maior percentagem de não conformidades.

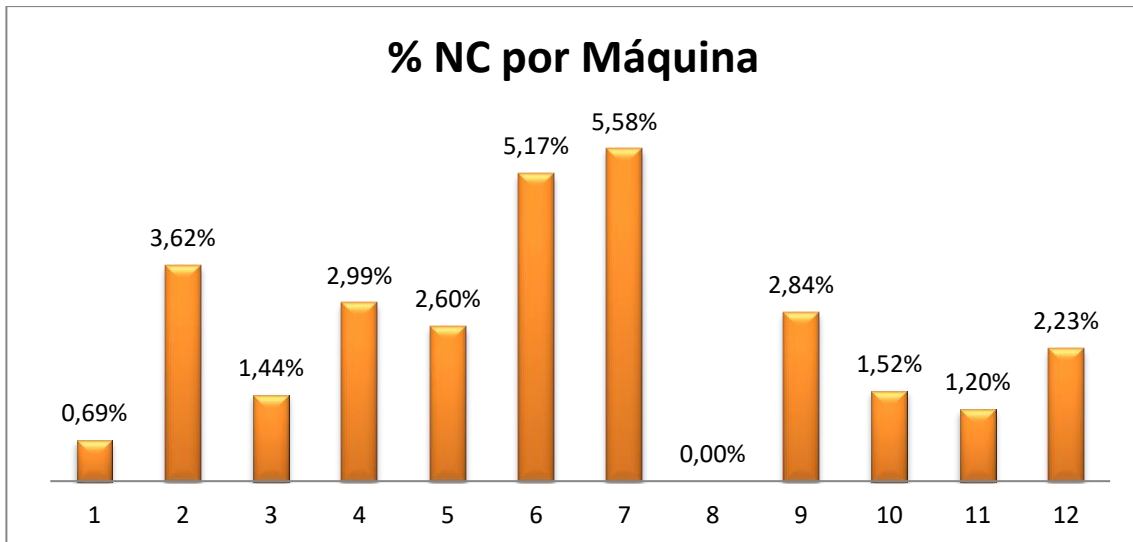


Figura 15 - Percentagem de ocorrências por máquina

Ao analisar os dados por tipo de cunha (Figura 16) as CT-1151 e CT-1156 não apresentaram nenhum tipo de não conformidade, a CT-1119 evidencia-se entre os tipos de cunha que geram maior percentagem de não conformidades.

Estes resultados coincidem com o feedback dos operadores de maior dificuldade na produção de cunhas com maior largura, que é o caso da CT-1119 comparativamente com as cunhas da CT-1151 e CT-1156 que são das cunhas de menor largura entre todos os artigos.

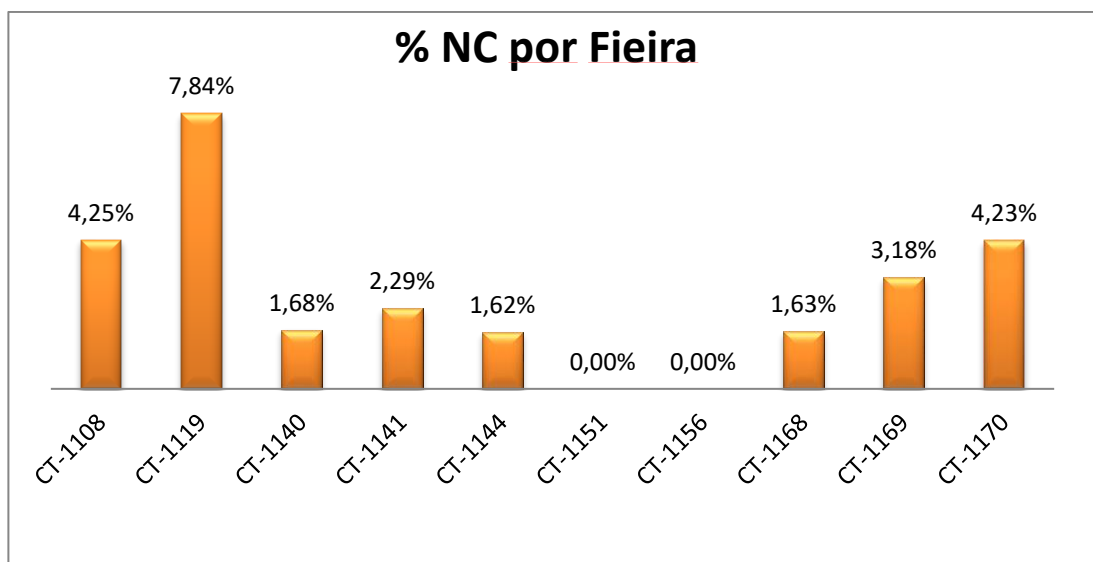


Figura 16 - Percentagem de ocorrências por feira



Partiu-se para a fase de brainstorming para definir as potenciais causas dos três tipos de não conformidades com mais incidência nesta recolha de dados.

As potenciais causas consideradas relevantes são as seguintes:

Não conformidade - Emenda aberta

- Pressões de enformação desadequadas;
- Tipo de rolos calcadores desadequados;
- Temperatura da borracha fria;
- Comprimento de cunha insuficiente.

Não conformidade - Aplicação defeituosa (não aplicação):

- Queda do conjunto no transporte;
- Bloqueio sistemas de segurança;
- Folgas sistema transporte;
- Borracha fria;
- Pressões de enformação desadequadas.

Não conformidade - Aplicação defeituosa (Aberta):

- Guiamento da cunha para o tambor;
- Pressões de enformação desadequadas;
- Ovalização dos núcleos;

As pressões de enformação desadequadas surgiram como potencial causa para os três tipos de não conformidades, sendo definido priorizar a investigação nesta causa. O motivo desta causa poder-se-á prender com o facto de ser um ajuste possível por parte do operador, existindo valores de referência especificados que poderão não estar coerentes com a realidade utilizada para a produção.

### 4.3. Analyze

No período de observação foi possível verificar que os valores de trabalho diferiam entre as máquinas, ou seja, na produção do mesmo artigo as velocidades de extrusão e de linha eram diferentes para a obtenção do mesmo produto em diferentes máquinas.

A receita contém os mesmos valores para todas as máquinas, com *offsets* para o operador ajustar de forma a obter o valor adequado às características de controlo, no entanto, estes ajustes podem estar a omitir diferenças que existam no equipamento, não permitindo uma normalização dos parâmetros de trabalho.

De forma a entender as diferenças existentes no equipamento e no seu comportamento em produção foi efetuado um levantamento das diferenças físicas consideradas relevantes e do comportamento entre todas as máquinas de forma a analisar o que poderá estar a influenciar as características de controlo e os restantes efeitos indesejados.

A maior perda de largura sucede entre a saída da extrusora e o transportador imediatamente a seguir (ver Figura 17), será nesta parte que iniciará a análise.

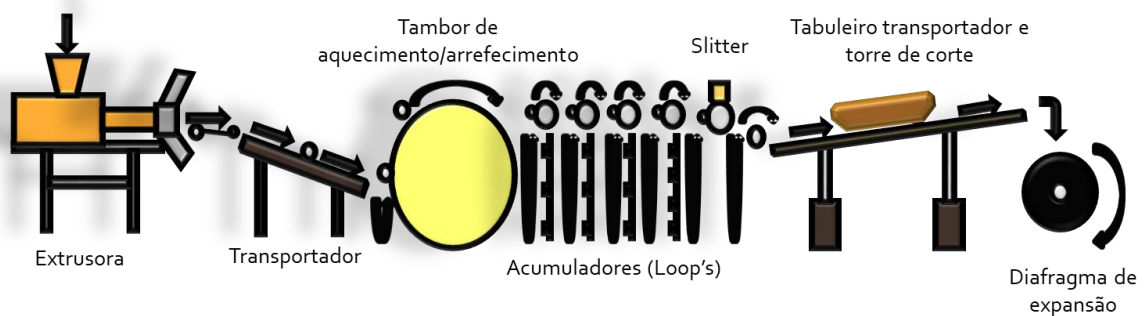


Figura 17 - Esquema fluxo da cunha na máquina

Neste processo, idealmente a saída da cunha na cabeça da extrusora deve estar alinhada com o 1º ponto de contacto da passadeira (Figura 17) para evitar diferentes velocidades lineares no material e consequentes esticamentos ou relaxamentos. Para verificar este efeito foram verificadas as alturas na extrusora e na passadeira no sentido de entender se cumprem igualmente com a mesma relação de alturas.

A altura entre a saída da extrusora e o início do transportador diferem entre máquinas (Tabela 2 – *Diferença de alturas à saída da extrusora entre máquinas*) quando o objetivo seria um alinhamento muito

próximo entre estes dois pontos. Foram consideradas diferenças de altura superiores a 18 mm como diferenças com necessidade de correção.

Tabela 2 – Diferença de alturas à saída da extrusora entre máquinas

Máquina	H base fieira-chão (mm)	H início rolo (mm)	Dist. Fieira-Tapete (mm)	Dif. H
1	981	976	402	5
2	971	967	353	4
3	973	956	415	17
4	974	940	393	34
5	986	1022	443	-36
6	972	976	368	-4
7	983	964	366	19
8	970	1006	415	-36
9	974	977	393	-3
10	1062	1058	425	4
11	962	984	367	-22
12	1063	1041	303	22

A relação de velocidades entre a extrusora e a passadeira é definida no momento de abertura da fieira por parte do técnico de fieiras. São recolhidas amostras até obter a geometria correta a ter na fieira sobre determinadas condições de temperaturas, velocidades de extrusão e velocidades de linha. As temperaturas são parâmetros fixos, as velocidades de extrusão e de linha são definidas de receita. Em função da quantidade de material nos acumuladores, para garantir que a máquina não interrompe a produção por falta de alimentação de cunha, as velocidades variam ao longo da produção. As velocidades devem aumentar ou diminuir de forma proporcional, ou seja, a percentagem de velocidade de extrusão que aumenta ou diminui deve ser a proporção equivalente na velocidade de linha da passadeira.

Para os artigos que se encontravam em produção verificou-se a proporção de diferença da velocidade de linha em função da velocidade da extrusora em todas as máquinas.

As máquinas 1 e 4 apresentam diferenças médias de 4.8% e 5.2% respetivamente (Figura 18), de velocidade de linha inferior relativamente à velocidade de extrusão, valores estes não considerados pela área técnica com impacto no problema em causa, no entanto, a situação será reportada para correção numa intervenção de manutenção preventiva.

## Variação RPM vs Vel.Linha

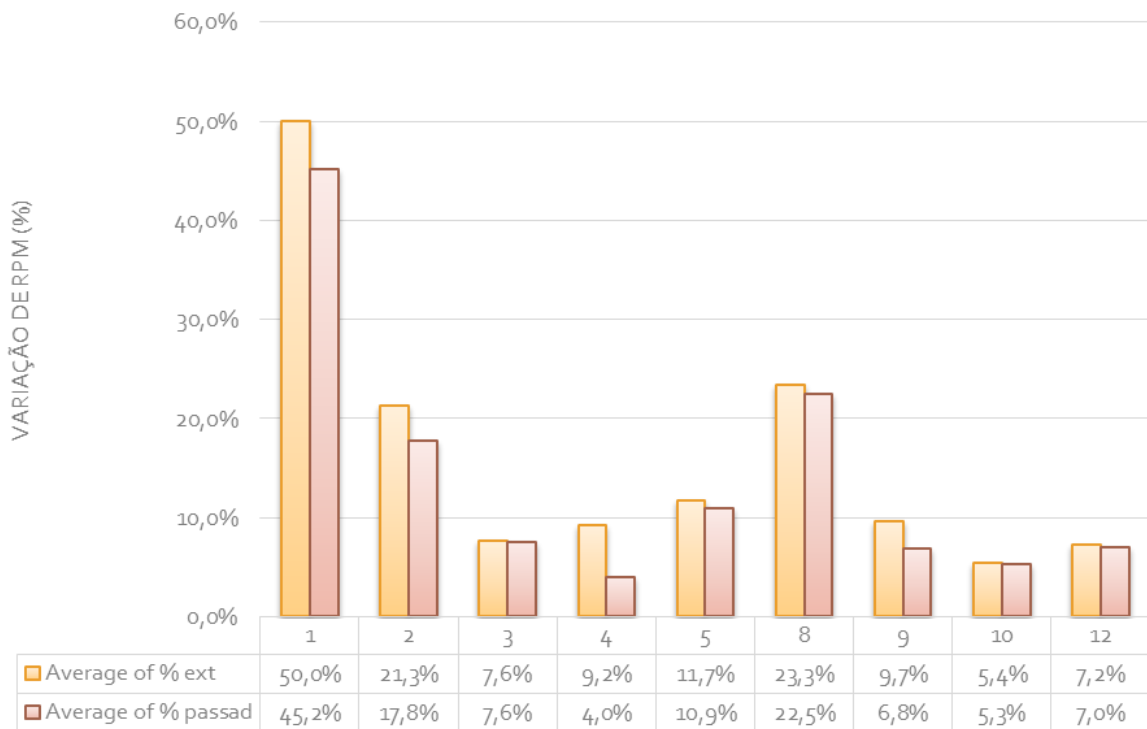


Figura 18 - Relação de velocidade de extrusão e de linha por máquina

A velocidade de extrusão utilizada para o mesmo artigo nas diferentes máquinas é diferente. Sendo o perfil da feira o mesmo, podem existir várias feiras com o mesmo perfil porque podem estar várias máquinas a produzir com o mesmo tipo de cunha. Para 17 tipos de cunhas existem 103 feiras.

Foram selecionadas quatro feiras:

- 50: Perfil de menor largura e composto de borracha A
- 55: Perfil de menor largura e composto de borracha B
- 138: Perfil de maior largura e composto de borracha A
- 138,01: Perfil de maior largura e composto de borracha B

Estas feiras foram utilizadas em todas as máquinas mantendo as mesmas temperaturas de extrusão de forma a entender as diferentes necessidades de velocidades em cada máquina e perceber se essas mesmas velocidades variam entre o tipo de cunha ou composto.

Após análise com os técnicos de processo não foram consideradas relevantes as diferenças em função do tipo de largura de perfil (Feira) ou tipo de composto (ver Figura 19). As diferenças entre máquinas (Figura 19) são relevantes no caso da máquina 9 a necessitar de cerca de 40% mais velocidade de

extrusão relativamente à máquina de referência. Enquanto essa diferença nas máquinas 1 e 2 é cerca de 20% e nas máquinas 3 e 4 aproximadamente 11%.

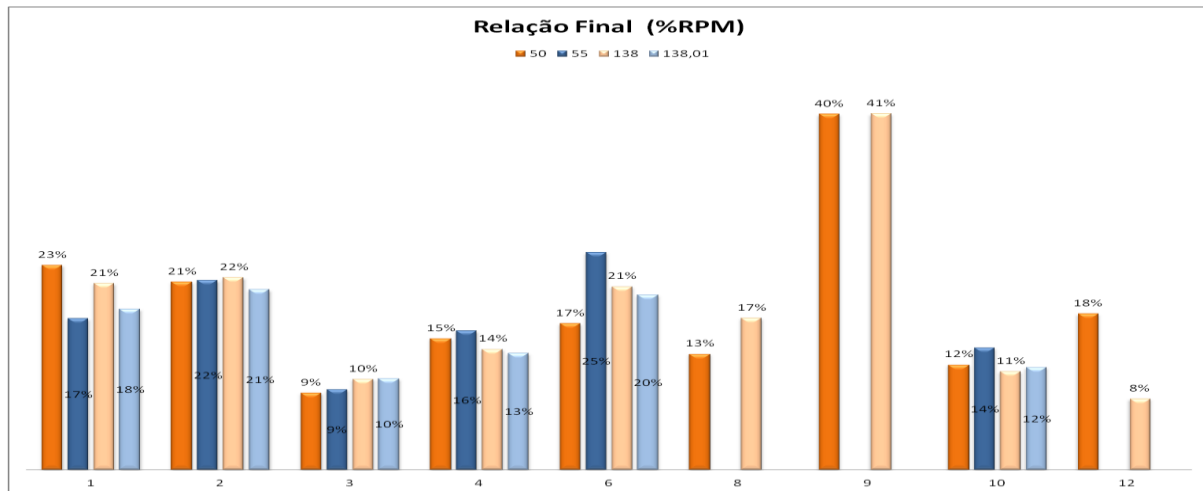


Figura 19 - Relação de RPM por máquina

Evidencia-se uma necessidade de normalização entre equipamentos ou uma forma de gerar uma condição que permita adicionar de forma automática esta compensação ao processo não deixando ao critério do operador o ajuste a efetuar nesta velocidade.

O fluxo de dados entre a receita e a máquina garante que esta trabalha com as condições definidas para cada artigo. Dessa forma, é importante perceber que o equipamento recebe os valores e com base na lógica do programa, envia os valores certos para os elementos da máquina que atuam sobre o produto. Para garantir que o funcionamento correspondia ao correto, foram verificadas as diferenças entre os valores definidos de receita e os que fisicamente estavam a ser assumidos no equipamento.

Foi efetuada a medição da velocidade de rotação do parafuso da extrusora com recurso a um tacómetro, foram comparados com os valores de leitura dos *displays* de velocidade de extrusão. Adicionalmente comparou-se também a velocidade da passadeira à saída da extrusora com o respetivo valor indicado no *display* (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação velocidades medidas com velocidades indicadas no display das máquinas

Máquina	Diâmetro L.M. [mm]	Perímetro [m]	Vel. Linear [m/min]	Vel. Display [RPM]	Vel. Real(VI/P) [RPM]	Vel. Linha [m/min]	Dif. Vel [RPM]
1	110	0,346	2,42	6,9	7,0	5,2	0,1
2	110	0,346	3,05	8,9	8,8	6,2	-0,1
3	110	0,346			0,0		
4	110	0,346	4,7	13,5	13,6	6,3	0,1
5	110	0,346	6,6	18,5	19,1	6,4	0,6
6	120	0,377	2,5	6,4	6,6	6,3	0,2
7	130	0,408	2,98	7,2	7,3	6,1	0,1
8	130	0,408	3,05	7,3	7,5	6,3	0,2
9	130	0,408	6,6	19	16,2	6,2	-2,8
10	120	0,377			0,0		
11	115	0,361	2,15	5,5	6,0	6,2	0,5
12	120	0,377	5,02	13	13,3	5,4	0,3

Os valores de diferença entre o real e a leitura das máquinas 5, 9 e 11 foram considerados relevantes por parte da equipa responsável pelo processo de produção. Assim sendo terá que ser feita a correção da informação mostrada nos *displays* para que corresponda à realidade. Este tipo de diferenças pode potenciar um desequilíbrio entre as velocidades de extrusão e passadeira, pois, o programa interpreta que a máquina opera a uma determinada velocidade quando fisicamente a velocidade é diferente. Este tipo de situações pode causar esticamentos ou relaxamentos indesejados no perfil e consequente alteração do mesmo para valores fora do especificado.

Foi considerado pela equipa que as folgas entre o parafuso da extrusora e o cilindro podem ter influência na diferença de velocidade de rotação do parafuso necessária para obter o mesmo *outup* de borracha. Para comprovar isto, foi analisado o histórico das medições que são efetuadas pelo menos duas vezes por ano pela equipa de manutenção preventiva (Figura 20).

No gráfico é possível verificar as folgas medidas por máquina.

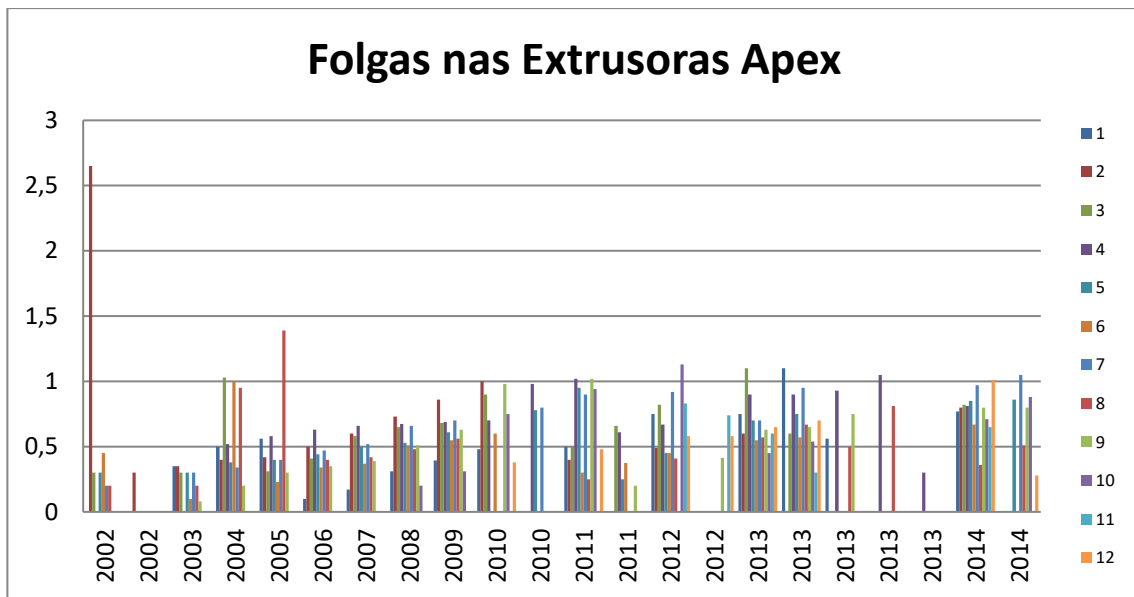


Figura 20 - Histórico folgas das extrusoras das APEX

Os dados encontram-se dentro dos valores de tolerância definidos internamente, logo, não se considerou influente.

O sistema de loops tem a função de manter a máquina abastecida de material para esta nunca parar durante o ciclo de aplicação de cunha no núcleo (Figura 17). Este sistema é composto por um acumulador controlado por fotocélulas que permitem identificar a quantidade de material existente em cada zona do loop e caso este loop esteja a ficar vazio, emite informação para acelerar a extrusão da cunha e encher mais rapidamente a linha. Caso o controlo esteja a ser feito indevidamente ou a ser manipulado pode passar informação errada e fazer com que existam acelerações e desacelerações indevidas e conseqüente alteração da geometria do material por esticamento ou relaxamento. Assim sendo foi verificado o funcionamento dos loops em todas as máquinas e verificou-se que o comportamento não era igual entre as máquinas.

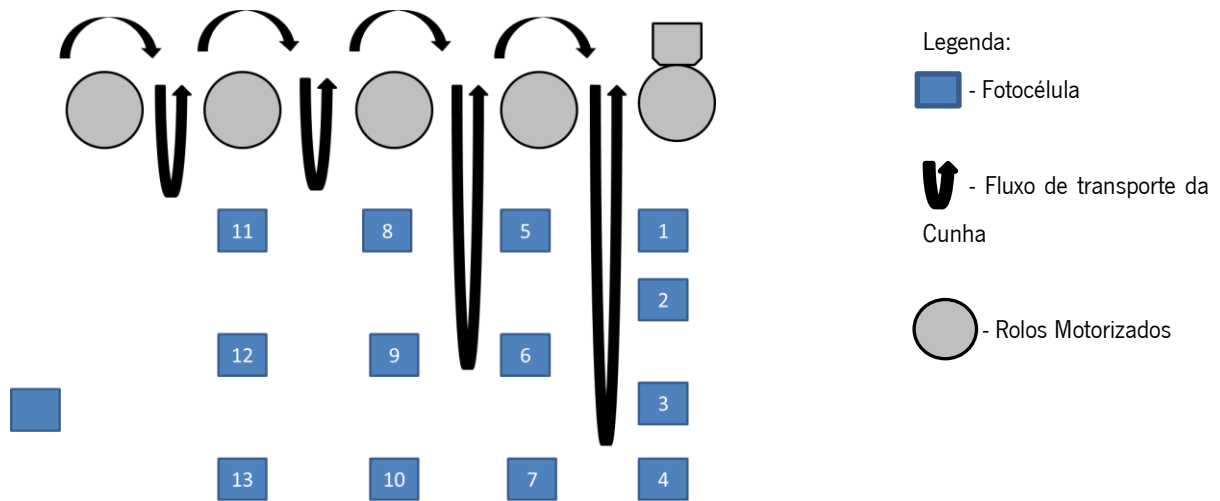


Figura 21 - Exemplo sistema de loops e numeração das fotocélulas

O princípio de funcionamento deve passar por aumentar progressivamente a velocidade de rotação do parafuso da extrusora e a velocidade de linha da passadeira quando o 2º loop estiver na fotocélula superior e em sentido contrário reduzir as velocidades quando o material estiver abaixo da fotocélula central do 2º loop. A análise permitiu identificar os comportamentos do sistema de loops em cada uma das máquinas conforme sintetizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Comportamento dos loops por máquina

Apex	Fotocélulas de variação	Valor nominal de RPM	RPM com enchimento do loop	RPM com esvaziamento do loop
3		Assume valores superiores e inferiores	Reduz progressivamente	Aumenta Progressivamente
5	3 e 8	Assume valores superiores e inferiores	Reduz progressivamente	Aumenta Progressivamente
6	11	Assume valores superiores e inferiores	Baixa repentinamente	Aumenta repentinamente
7	6 e 8	Assume valores superiores e inferiores	Reduz progressivamente	Aumenta Progressivamente
8	3 e 8	Assume valores superiores	Reduz progressivamente	Aumenta Progressivamente
9	6 e 8	Assume valores superiores e inferiores	Não reduz progressivamente	Não aumenta progressivamente
10	6 e 8	Assume valores inferiores	Não reduz progressivamente	Não aumenta progressivamente
11	6 e 8	Assume valores superiores e inferiores	Reduz progressivamente	Aumenta Progressivamente
12	6 e 8	Assume valores inferiores	Reduz progressivamente	Aumenta Progressivamente

Os equipamentos não têm todos o comportamento esperado e após discussão com as áreas técnicas encontraram-se as seguintes possíveis causas:

- Períodos de instalação das máquinas (as máquinas não OK são mais antigas);
- Intervenções feitas devido a avarias nos sensores;



- Manipulações por parte dos operadores através do bloqueio de algumas células para acelerar o fluxo de chegada do material.

Foi acordada uma verificação completa do funcionamento dos loops de todas as máquinas relativamente ao *software* e *hardware* de forma a normalizar este funcionamento.

#### **4.4. Improve**

Na fase *Improve* apresentaram-se diversas propostas de melhoria para aplicar nas características de controlo da cunha, nomeadamente no controlo das feiras e do peso. Foram também efetuadas propostas de melhoria para reduzir as não conformidades que surgem na aplicação da cunha no núcleo.

##### 4.4.1. Características de Controlo da Cunha - Feiras

A feira é o elemento físico que atribui a geometria ao material. Uma vez que todos os produtos podem ser produzidos em todas as máquinas, existem várias feiras para o mesmo artigo. Na recolha do feedback dos operadores algo que foi comunicado foi o facto de por vezes existirem feiras que não se encontram em bom estado e por isso geram desperdício pela dificuldade de obter o perfil com as características dimensionais conformes.

A gestão do estado das feiras em produção não tem um fluxo bem definido: o supervisor é informado quando surgem problemas, devolve a feira ao DATP e pede uma nova. Este procedimento nem sempre é seguido pelos operadores e isso traduz-se numa elevada acumulação de feiras não conformes existente no chão de fábrica. No momento da análise existiam cerca de 100 feiras na secção o que é exagerado quando apenas está uma a trabalhar por máquina e pode estar outra em aquecimento.

Após análise da produção por tipo de feira (Figura 22), é possível verificar que a feira CT-1140 é utilizada em 43,75% do total de talões produzidos, bem como o conjunto da CT-1140, CT-1153, CT-1144 e CT-1143 representam aproximadamente 73% das necessidades de tipos de feiras para a totalidade da produção. Foram definidas as quantidades ideais de feiras que deverão existir em produção bem como do stock de segurança que deverá existir na oficina. Este número foi definido tendo em conta a taxa de

utilização de cada tipo de feira e o número de máquinas existentes. A esse valor previsto foi adicionado um fator de 50% de forma a garantir a existência de feiras suficientes para a produção.

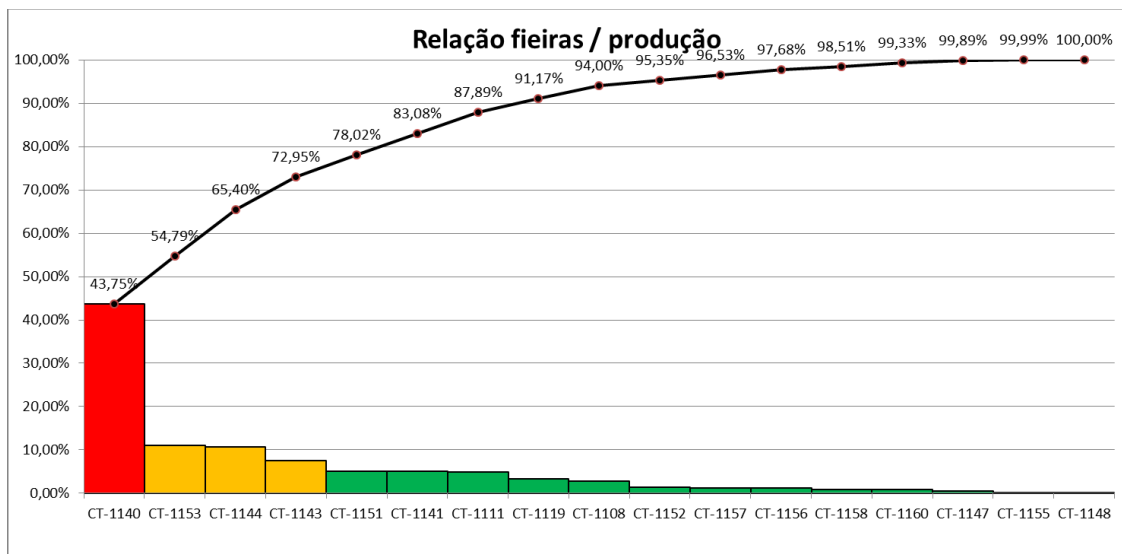


Figura 22 - Percentagem de utilização de feiras em produção

Com esta ação foi possível reduzir para 55 o número de feiras o que representa quase metade das feiras que estavam disponíveis para a produção. Ao recolher as feiras em excesso foram inspecionadas todas as existentes garantindo que as atualmente em produção se encontram em conformidade. Desta forma será mais fácil manter o controlo do estado das feiras, manter o armazém mais organizado e reduzir o desperdício de cunhas fora dos valores de tolerância por feiras danificadas.

As feiras passam por um processo de abertura e ajuste até obtenção do perfil especificado para produção. O processo até à entrega de uma nova feira para produção é da responsabilidade de um técnico que com base no perfil final a obter faz uma abertura na feira e define as condições de extrusão com base em amostras e novos ajustes. A definição das cotas da feira é feita com base na experiência do técnico que posteriormente insere um código máquina de forma manual num equipamento de eletro-erosão para posterior corte na feira do perfil definido. Este processo está muito dependente da experiência de cada técnico, o que poderá resultar em diferentes critérios para a abertura na feira que poderão ter um reflexo no seu desempenho em trabalho no que respeita ao comportamento da feira e conseqüentes variações no perfil.

Com base naquilo que são as premissas já conhecidas para a abertura de feiras foi criado um programa com algumas condições obrigatórias e com o cálculo automático do código máquina para permitir uma

normalização do tipo de abertura das feiras, reduzir erros e criar uma utilização de ferramentas mais automatizadas neste tipo de processos.

Deixando de recorrer a processos físicos (em papel e armazenados em capas), o técnico coloca qual o perfil a obter e o programa gera o perfil a ser aberto na feira bem como o código necessário para envio para a máquina (Figura 23). Posteriormente outro *software* recebe o ficheiro gerado por este programa e procede ao envio do código para a maquinação da feira. Todos os programas são armazenados digitalmente para garantir o histórico e referências para futuras feiras.

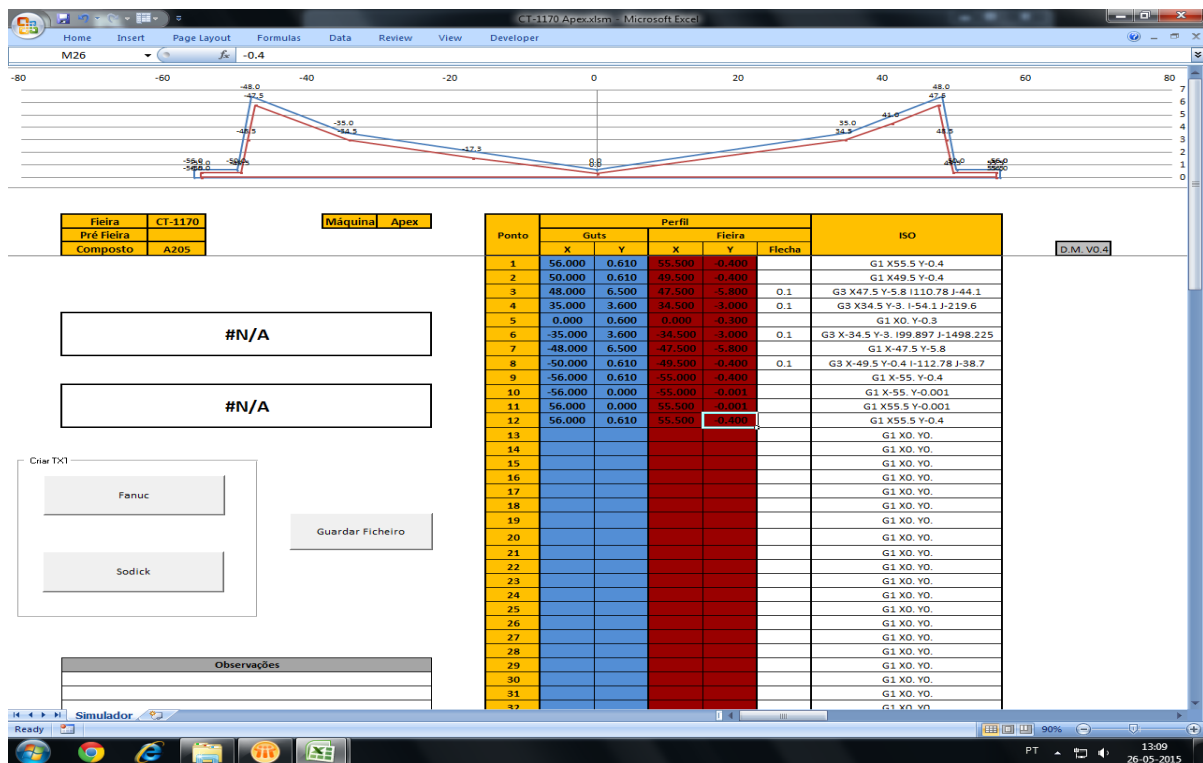


Figura 23 - Interface de programa para processo de abertura de feiras

Após o processo de extrusão, arrefecimento e transporte da cunha esta é aplicada no núcleo através da expansão de diafragmas que a transportam e fixam.

Não existiam dados sobre potenciais perdas de largura nesta etapa, dessa forma, foram recolhidos dados com a medição da largura da cunha antes e após ser colocada no núcleo.

Largura Especificada DIP (mm)	Diferença Largura Antes e Após aplicação (mm)	Valor de Referência para abertura de Fieira (mm)
9	0,2	9,2
10	0,3	10,3
11	0,5	11,5
12	0,6	12,6
13	0,7	13,7
14	0,8	14,8
15	0,9	15,9
16	1,0	17,0
17	1,1	18,1
18	1,2	19,2
19	1,3	20,3
20	1,4	21,4
21	1,6	22,6

Figura 24 - Largura da cunha antes e após aplicação

Com estes valores foi possível definir um valor de referência para a largura no processo de abertura de fieiras (Figura 24) e dessa forma permitir aproximar o valor de largura da cunha dos valores especificados. Este valor está contemplado nas condições para o programa criado para geração das cotas da fieira, garantindo uma normalização na largura inicial do perfil no decorrer do processo de abertura e ajuste de fieira.

#### 4.4.2. Características de Controlo da Cunha - Peso

A especificação do processo não sofria atualizações desde um longo período e tendo em conta as alterações que eram efetuadas quer na matéria-prima, quer no equipamento, os valores especificados para o processo poderiam não ser os mais adequados.

Na fase de recolha de dados, o parâmetro peso foi considerado um dos mais críticos e mesmo em alguns casos em que a cunha apresentava os valores de largura e espessura no objetivo, o peso encontrava-se fora. Uma vez que isto não deveria acontecer, pois uma cunha com largura e espessura corretas deveria ter o peso especificado, desenvolveu-se um estudo para aferir a coerência entre valor especificado e valor real. Cada artigo existente (fieira vs..núcleo) foi simulado no software Inventor de forma a obter o volume do sólido e consequentemente calcular o peso teórico que cada cunha deveria ter. Posteriormente foi gerada uma tabela com os valores simulados e foram recolhidas amostras das cunhas em produção com a largura e espessura o mais aproximado possível ao objetivo. Realizaram-se perfilometrias (Anexo III – Perfilometria) a estas cunhas para recolher o valor de área e posteriormente calcular a diferença para a área objetivo. Com estes dados foram comparados os valores reais e os valores simulados e foi possível constatar que os novos valores simulados estavam mais coerentes com os valores reais do que os valores especificados (Tabela 5).

Tabela 5 - Comparação Peso simulado, real e especificado

Código	Fleira	Composto	Pesagem (g)	Dif. Área (%)	Peso ajustado (g)	Peso sólido (g)	Peso especificação (g)	Diferença P.aj e P.esp. (g)
66001	CT-1	A	72,5	2,3	71	71	63	-7,8
66002	CT-2	B	155,5	-2,5	159	161	150	-9,4
66003	CT-3	A	167	-2	170	170	152	-18,3
66004	CT-4	B	182	6,4	170	170	151	-19,4
66005	CT-5	A	181	0,5	180	179	140	-40,1
66006	CT-6	B	157	-15,9	182	183	173	-9,0
66007	CT-7	A	182	-5,8	193	192	180	-12,6
66008	CT-8	B	245	3	238	242	228	-9,7
66009	CT-9	A	244,5	2,3	239	240	228	-10,9
66010	CT-10	B	252	-0,6	254	256	220	-33,5
66011	CT-11	A	300	5	285	287	252	-33,0
66012	CT-12	B	298	-1,1	301	302	268	-33,3
66013	CT-13	A	350	-12,7	394	396	340	-54,5

Esta informação foi passada para a Direção de Industrialização do Produto de forma a ser avaliada a possibilidade de alteração dos pesos especificados.

#### 4.4.3. Não Conformidades Aplicação da Cunha no Núcleo - DOE

As pressões de enformação desadequadas surgiram como potencial causa para os três tipos de não conformidades, isto deve-se a ser um ajuste possível por parte do operador existindo valores de referência especificados que não estão coerentes com a realidade utilizada para a produção.

Os colaboradores envolvidos no brainstorming referiram também que quando há uma maior incidência deste tipo de não conformidades ela é ultrapassada com os ajustes nestas pressões. Posto isto, decidiu-se efetuar um levantamento dos parâmetros de receita que atuam sobre a etapa de enformação do diafragma e efetuar testes no sentido de definir, por máquina, quais os valores de trabalho mais adequados e dessa forma atualizar as referências para evitar o ajuste tentativa-erro e consequente geração de não conformidades.

Após recolha de informação verificou-se que os parâmetros que atuam sobre o processo de enformação são as pressões de enformação 1 e 2 e o tempo de enformação (fatores de controlo). De forma a entender o impacto das variações destes parâmetros em função da melhor aplicação da cunha no núcleo decidiu-se recorrer a um desenho de experiências utilizando como fatores de controlo a pressão 1 (SP1) e 2 (SP2) e o tempo de enformação (T.enformação).

Com base nos valores considerados aceitáveis do ponto de vista de segurança e da capacidade da máquina foram decididos 3 níveis, o atual, aumento de 20% da pressão atual e redução em 20% da pressão atual. O tempo mínimo possível de utilizar é zero logo foi transportada essa diferença

relativamente ao atual para o valor máximo a ser testado. A Tabela 6 sintetiza os fatores de controle e os níveis.

Tabela 6 - Fatores e níveis DOE

<b>Fator de controlo</b>	<b>Código fator</b>	<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 3</b>
<b>SP1</b>	<b>A</b>	<b>At.+20%</b>	<b>At.</b>	<b>At-20%</b>
<b>SP2</b>	<b>B</b>	<b>At. +20%</b>	<b>At.</b>	<b>At-20%</b>
<b>T.enformação</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>

Mesmo estando conforme, o talão tem outras características importantes na sua aplicação tais como a consolidação robusta da cunha com o núcleo, desvios da cunha ao longo da aplicação ou rugas na pestana da cunha. Tendo em consideração este facto, não interessa apenas verificar se está conforme ou não conforme, mas sim, verificar também a robustez da aplicação. A característica de resposta será do tipo maior é melhor, e terá uma classificação de 1 a 10, sendo o 1 uma muito má aplicação e o 10 uma muito boa aplicação, com base numa inspeção a 100% de todos os talões e respetiva classificação. Os dados foram inseridos no software Minitab e foi gerada a matriz de testes a serem realizados. O plano de testes para a avaliação dos parâmetros em questão é o resultado das combinações da matriz de ensaios na tabela abaixo. Este DOE foi realizado em todas as máquinas para dois tipos de cunhas diferentes, ou seja, os nove ensaios para uma cunha de menor e maior largura.

Tabela 7 - Matriz de ensaios

<b>Teste</b>	<b>SP1</b>	<b>SP2</b>	<b>T.Enf</b>
1	At.+0.2	At. +0.2	0
2	At.+0.2	At.	0,2
3	At.+0.2	At-0.2	0,4
4	At.	At. +0.2	0,2
5	At.	At.	0,4
6	At.	At-0.2	0
7	At-0.2	At. +0.2	0,4
8	At-0.2	At.	0
9	At-0.2	At-0.2	0,2

Os testes foram efetuados e separados os talões para a respetiva análise e classificação e todos os dados foram registados numa *check-list* (Anexo IV – Check-list DOE) realizada para o acompanhamento do teste e posterior registo das classificações.

Após efetuar as inspeções e classificações, foi efetuada a análise dos resultados no software Minitab onde com base nos gráficos dos efeitos para médias para uma característica de resposta maior-melhor foi possível entender quais as gamas de valores que melhor se aproximavam à melhor conformidade dos talões.

No caso desta máquina, os resultados permitem observar que quanto maior a pressão SP1, melhor, sendo 0,3 Bar a maior pressão testada. Quanto menor a pressão SP2, melhor, sendo 0,19 Bar a menor pressão testada. Quanto ao tempo de enformação, o tempo de 0,2 segundos foi o que demonstrou melhores resultados.

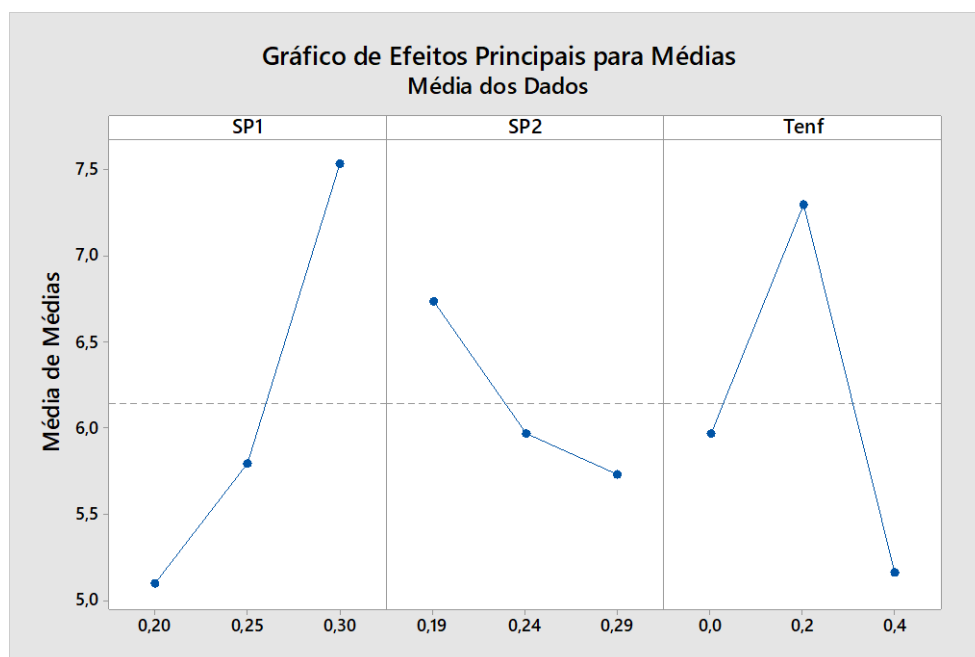


Figura 25 - Exemplo resultado DOE

Os resultados do desenho de experiências de cada máquina foram analisados no software Minitab e após isso foi criada uma nova tabela com os valores resultantes deste desenho de experiências como sendo as novas referências para as pressões (SP1 e SP2) e tempos de enformação (Tenf) em função da jante e tipo de feiras testadas (Tabela 8), o valor do caudal (Dly) é uma parâmetro fixo por máquina que mantém o valor que estava a ser utilizado e foi mantido nos testes como parâmetro fixo.

Tabela 8 - Tabela de referência de parâmetros de enformação

Máquina	Jante	Fieira	SP1	SP2	Tenf	Dly
1	14	1141	0,3	0,19	0,2	250
1	14	1140	0,31	0,18	0,2	250
2	15	1141	0,3	0,12	0	250
2	15	1140	0,27	0,1	0	250
3	15	1168	0,24	0,21	0,2	250
3	15	1140	0,15	0,18	0,2	250
4	16	1169	0,18	0,26	0,4	170
4	16	1140	0,12	0,22	0,2	170
5	16	1141	0,22	0,25	0,2	250
5	16	1140	0,18	0,21	0	250
6	15	1140	0,17	0,52	0,2	250
7	16	1169	0,31	0,3	0,4	230
7	16	1140	0,28	0,26	0,2	230
7	15	1140	0,22	0,31	0	360
8	18	1144	0,1	0,38	0,2	250
8	18	1141	0,15	0,32	0,4	250
9	17	1143	0,2	0,34	0,2	250
9	17	1140	0,16	0,27	0,2	700
10	19	1140	0,07	0,67	0,2	180
10	17	1140	0,06	0,84	0,2	150
11	16	1140	0,09	0,82	0	100
12	20	1140	0,1	0,67	0,4	500
12	20	1143	0,08	0,46	0,4	250
12	17	1140	0,12	0,55	0,4	250
12	17	1168	0,09	0,5	0,2	250

Estes valores foram colocados de forma experimental em produção, durante o 1º turno de forma a serem acompanhados devido a ser o turno com maior disponibilidade de suporte técnico e não foi reportada nenhuma dificuldade acrescida com a utilização dos novos valores de referência.



#### **4.5. *Control***

O processo necessita de normalização para reduzir o impacto que determinadas variáveis têm na estabilidade do mesmo.

No decorrer do projeto foram levantadas necessidades de intervenções nos equipamentos que necessitam ser realizadas em períodos de paragem para não afetar os índices produtivos ou mediante disponibilidade das equipas de manutenção que se encontram em vários projetos aos quais tem que ser dada prioridade. Dessa forma as intervenções serão efetuadas posteriormente ao projeto não sendo possível realizar a fase do *Control* de forma a medir a eficácia dessas ações.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A presente dissertação de mestrado teve como objetivo geral o levantamento de causas e propostas de melhoria para a redução de produto fora do especificado num processo de uma empresa do ramo automóvel. Foi desenvolvido um trabalho de caracterização, análise e definição de propostas com base em metodologias e ferramentas da qualidade para ir de encontro aos objetivos propostos.

Inicialmente foi caracterizado o processo relativamente aos elementos que nele atuam ou têm influência num mapeamento que permitisse ter uma visão das variáveis a ter em consideração, bem como dos intervenientes no decorrer do projeto.

A recolha inicial de dados permitiu ter uma visão sobre o estado atual do processo de forma a priorizar os estudos e ações futuras. Foi possível identificar que no decorrer da produção existiam vários produtos fora dos limites de tolerância, visões que não existiam, pois, a verificação era feita apenas no *setup* pelo colaborador. Após o *setup*, eram feitos ajustes ao produto para colocação dos valores dentro dos limites, a produção prosseguia e não voltava a ser verificada.

A largura é uma característica crítica para a performance do produto final e foi verificado que esta sofre alterações ao longo do processo, na transição entre elementos transportadores do equipamento, o que pressupõe que não há um equilíbrio pleno de velocidades entre estas etapas que provocam tensões no material e conseqüente alteração da largura.

Os valores de receita por artigo são iguais para todas as máquinas, o que implica que todas as máquinas deveriam ser fisicamente iguais e com igual grau de interpretação nos movimentos.

A análise da velocidade de extrusão para diferentes larguras de perfil, na mesma máquina, permitiu perceber que a relação de velocidade é semelhante na mesma máquina para qualquer tipo de artigo, existindo diferenças nestas relações entre máquinas. Com isto foi possível definir um *offset* a atribuir a cada máquina de forma a que os valores de receita sejam mais adequados à obtenção do perfil dentro dos valores especificados.

A interpretação da receita relativamente à velocidade de extrusão e de linha diferiam dos que a máquina assumia, isto pode estar relacionado com condições de *software* ou descalibrações (analisadas na etapa *measure*) dos *displays* de medição. Com isto, pode resultar variações nas velocidades que provoquem alterações geométricas ao perfil e conseqüente produto fora dos valores especificados.

O último tópico considerado como potencial causa que foi analisado prende-se com o correto funcionamento dos *loops*. Na análise ao funcionamento dos *loops* foi possível verificar que estes não tinham o mesmo comportamento entre máquinas o que provoca compensações diferentes e uma

impossibilidade de normalização dos valores de trabalho para obtenção do mesmo artigo conforme entre máquinas criando a dependência do correto ajuste do operador.

Relativamente aos pesos das cunhas, após simulações identificou-se uma necessidade de correção da especificação uma vez que os pesos especificados não correspondiam ao valor que deveriam ter na realidade.

Relativamente ao processo de abertura de feiras, foi desenvolvida uma ferramenta que permite a normalização do processo de abertura da feira com base nas condições técnicas definidas, gerando o código máquina e envio automático para o equipamento que irá fabricar a feira.

Através de um levantamento de ocorrências relativas às não conformidades resultantes do processo de aplicação da cunha no núcleo foi possível perceber que as ocorrências mais críticas eram a emenda aberta, aplicação defeituosa (não aplicação) e abertura da emenda. A análise destas ocorrências resultou na elaboração de um DOE que permitiu criar novos valores de referência não deixando ao critério do operador um intervalo tão grande de atuação, reduzindo ajustes incorretos e consequentes não conformidades.

O trabalho realizado permitiu um conhecimento mais detalhado das variáveis deste processo, bem como a implementação de algumas ações definidas após a utilização de dados e ferramentas adequadas à melhoria de processos. Posto isto, foi possível reduzir a tomada de decisões com base em percepções e experiência dos colaboradores. No entanto, considera-se que o projeto poderia ter sido ainda mais desenvolvido, e isto não foi possível devido ao tempo limitado e ao facto de se ter dedicado bastante tempo à recolha de dados e entendimento do processo, uma vez que a informação acerca deste processo era reduzida.

Para trabalho futuro deverá ser medida a eficácia das ações tomadas bem como recolher e analisar dados de capacidade do processo após a normalização das máquinas na tentativa de definir parâmetros de trabalho mais refinados para uma maior estabilidade deste processo.

A realização deste documento foi influenciada pelas restrições associadas ao COVID-19.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366.
- Eckes, G. A. (2001). *Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros*.
- Forker, L. B., Vickery, S. K., & Droge, C. L. M. (1996). The contribution of quality to business performance. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 16, Issue 8, pp. 44–62).
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. McGraw-Hill.
- Gómez, A. Z., & Castro, W. A. S. (2014). Improving the quality of soluble coffee using the Taguchi method. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 22, Issue 1).
- Hagemeyer, C., Gershenson, J. K., & Johnson, D. M. (2006). Classification and application of problem solving quality tools: A manufacturing case study. *TQM Magazine*, 18(5), 455–483.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Handbook* (5<sup>o</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Knowles, G. (2011). *Quality Management*. Bookboon.
- Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5–6), 708–715.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. In *Journal of Operations Management* (Vol. 21).
- Lins, B. F. E. (1993). *Ferramentas básicas da qualidade*.
- Meiling, J. H., Sandberg, M., & Johnsson, H. (2014). A study of a plan-do-check-act method used in less industrialized activities: Two cases from industrialized housebuilding. *Construction Management and Economics*, 32(1–2), 109–125.
- Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An overview of six sigma. In *International Statistical Review* (Vol. 76, Issue 3, pp. 329–346). <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2008.00061.x>
- Noone, B. M., Namasivayam, K., & Tomlinson, H. S. (2010). Examining the application of six sigma in the service exchange. *Managing Service Quality*, 20(3), 273–293.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). *The Six Sigma way, Team Fieldbook: An Implementation Guide for Process Improvement Teams*. McGraw-Hill.

- Park, J., Nam, G., & Choi, J. O. (2011). Parameters in cause and effect diagram for uncertainty evaluation. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(6), 325–326.
- Prashar, A. (2014). Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(1), 103–126.
- Pyzdek, Thomas. (2003). *The Six Sigma handbook : a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. McGraw-Hill.
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, Adrian. (2007). *Research methods for business students*. Financial Times/Prentice Hall.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26(4), 536–554.
- Silva, F. C. C. (2017). *Projeto em Redução de Defeitos para Melhoria do Produto Final numa Empresa do Setor Têxtil*.
- Snee, R. D., & Hoerl, R. W. (2003). Leading Six Sigma – A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies. In *Financial Times Prentice Hall* (Issue 4). Upper Saddle River.
- Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, -Zdravko, & Vujović, -Aleksandar. (2009). Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. In *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering* (Vol. 55).
- Yeung, A. C. L., Cheng, T. C. E., & Lai, K.-H. (2005). *An Empirical Model for Managing Quality in the Electronics Industry*.
- Zu, X., Fredendall, L. D., & Douglas, T. J. (2008). The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma. *Journal of Operations Management*, 26(5), 630–650.

## ANEXO I – IMAGENS PROCESSO



Figura 26 - Cunhas de Talão 2



Figura 27 - Feira





### ANEXO III – PERFILOMETRIA

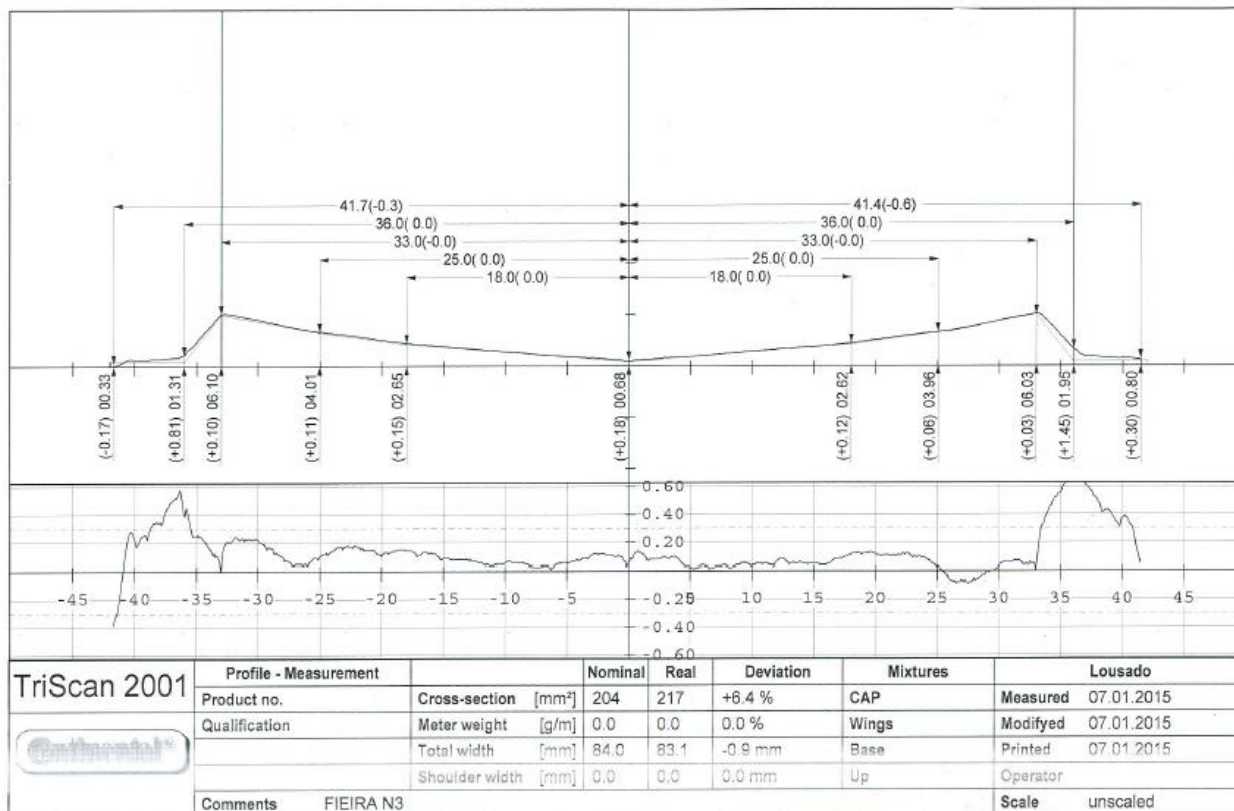


Figura 29 - Exemplo Perfilometria

# ANEXO IV – CHECK-LIST DOE

Continental-Mabor

## Check-List DOE

DATP-Extrusão

Apex		Jante		Fieira		Código	
------	--	-------	--	--------	--	--------	--

Teste	SP1	SP2	T.Enf	Ordem
1	At.+0.2	At. +0.2	0	6º
2	At.+0.2	At.	0,2	5º
3	At.+0.2	At-0.2	0,4	4º
4	At.	At. +0.2	0,2	2º
5	At.	At.	0,4	1º
6	At.	At-0.2	0	3º
7	At-0.2	At. +0.2	0,4	7º
8	At-0.2	At.	0	8º
9	At-0.2	At-0.2	0,2	9º

	SP1	SP2	Dly	T.Enf.
Atual				
20%				
-20%				

Classificação		
Teste	Aplicação	Viragem
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Notas:

Figura 30 - Check-list DOE